

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-357226

(P2002-357226A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

データベース(参考)

F 1 6 C 33/66

F 1 6 C 33/66

Z 3 J 1 0 1

C 1 0 M 105/36

C 1 0 M 105/36

4 H 1 0 4

105/38

105/38

107/34

107/34

117/02

117/02

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-80862(P2002-80862)

(22) 出願日 平成14年 3 月22日 (2002. 3. 22)

(31) 優先権主張番号 特願2001-92962(P2001-92962)

(32) 優先日 平成13年 3 月28日 (2001. 3. 28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

(72) 発明者 杉森 庸一郎

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目 5 番 50 号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 武藤 泰之

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目 5 番 50 号

日本精工株式会社内

(74) 代理人 100105647

弁理士 小栗 昌平 (外 4 名)

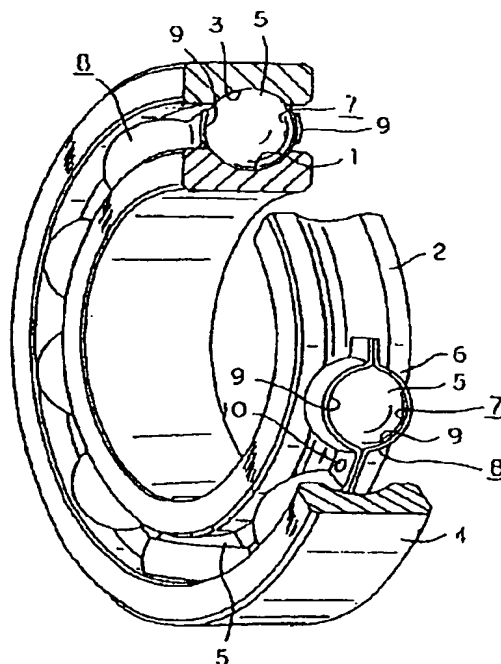
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 玉軸受

(57) 【要約】

【課題】 保持器音の低減、低振動化、フレッチング損傷(磨耗)の低減、低トルク化及び音響耐久性の改善を図った玉軸受を提供する。

【解決手段】 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に設けた複数個の玉と、複数個の玉を転動自在に保持する保持器とを備え、外輪軌道と内輪軌道との間の空間内にグリースを封入した玉軸受において、前記グリースが分子構造中に極性基を有する潤滑油と無極性潤滑油とを混合してなる基油に、繊維長が少なくとも  $3\mu\text{m}$  である長繊維状物を含む金属石けん系増ちょう剤を配合したグリース組成物であるとともに、前記保持器のポケット内周面が、前記玉の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径の球状凹面からなる球面部と、前記球面部よりも大きな曲率半径を有し、かつ前記球面部の端縁から前記各ポケットの開口側端縁に向けて滑らかに連続する曲面部とから構成されていることを特徴とする玉軸受。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に設けた複数個の玉と、複数個の玉を転動自在に保持する保持器とを備え、外輪軌道と内輪軌道との間の空間内にグリースを封入した玉軸受において、前記グリースが分子構造中に極性基を有する潤滑油と無極性潤滑油とを混合してなる基油に、繊維長が少なくとも $3\mu\text{m}$ である長繊維状物を30質量%以上の割合で含む金属石けん系増ちょう剤を配合したグリース組成物であるとともに、前記保持器のポケット内周面が、前記玉の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径の球状凹面からなる球面部と、前記球面部よりも大きな曲率半径を有し、かつ前記球面部の端縁から前記各ポケットの開口側端縁に向けて滑らかに連続する曲面部とから構成されており、前記内輪軌道及び前記外輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の51.0%以上60.0%未満であることを特徴とする玉軸受。

【請求項2】 前記保持器の曲面部の曲率半径が、無限大であることを特徴とする請求項1記載の玉軸受。

【請求項3】 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に設けた複数個の玉と、複数個の玉を転動自在に保持する保持器とを備え、外輪軌道と内輪軌道との間の空間内にグリースを封入した玉軸受において、前記グリースが分子構造中に極性基を有する潤滑油と無極性潤滑油とを混合してなる基油に、繊維長が少なくとも $3\mu\text{m}$ である長繊維状物を30質量%以上の割合で含む金属石けん系増ちょう剤を配合したグリース組成物であるとともに、前記保持器が、全体が円環状をなし、円周方向の複数箇所にポケット面で玉を収容保持するポケットを形成し、かつ、各ポケットのアキシャル方向の一方側に前記玉の直径よりも開口幅が小さい開口部が設けられているとともに、アキシャル方向における前記玉の転動面と前記ポケット面との間に設けたアキシャル隙間 $\delta$ と前記玉の直径 $D_a$ とが「 $\delta/D_a = -0.01 \sim 0.02$ 」の関係満足しており、前記内輪軌道及び前記外輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の51.0%以上60.0%未満であることを特徴とする玉軸受。

【請求項4】 前記基油が、極性基を有する潤滑油を5～70質量%含有することを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項5】 前記基油の40℃における動粘度が、 $10 \sim 500\text{mm}^2/\text{s}$ であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項6】 前記基油が、40℃における動粘度が $2000\text{mm}^2/\text{s}$ 以上 $100000\text{mm}^2/\text{s}$ 以下の高粘

度極性基含有潤滑油を含有することを特徴とする請求項5記載の玉軸受。

【請求項7】 前記基油が、40℃における動粘度が $10\text{mm}^2/\text{s}$ 以上 $150\text{mm}^2/\text{s}$ 未満の低粘度極性基含有潤滑油を含有することを特徴とする請求項6記載の玉軸受。

【請求項8】 前記基油が、40℃における動粘度が $150\text{mm}^2/\text{s}$ 以上 $2000\text{mm}^2/\text{s}$ 未満の中粘度極性基含有潤滑油を含有することを特徴とする請求項6または7記載の玉軸受。

【請求項9】 前記高粘度極性基含有潤滑油が、基油全体の5～30質量%であることを特徴とする請求項6～8の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項10】 前記低粘度極性基含有潤滑油が、ポリオールエステル油、ジエステル油及びエーテル油の少なくとも1種であることを特徴とする請求項7～9の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項11】 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に設けた複数個の玉と、複数個の玉を転動自在に保持する保持器とを備え、外輪軌道と内輪軌道との間の空間内にグリースを封入した玉軸受において、前記グリースが、基油に、繊維長が少なくとも $3\mu\text{m}$ である長繊維状物を30質量%未満の割合で含む金属石けん系増ちょう剤を配合したグリース組成物であるとともに、前記保持器のポケット内周面が、前記玉の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径の球状凹面からなる球面部と、前記球面部よりも大きな曲率半径を有し、かつ前記球面部の端縁から前記各ポケットの開口側端縁に向けて滑らかに連続する曲面部とから構成されており、前記内輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の51.5%以上56.0%以下であり、かつ前記外輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の52.5%以上58.0%以下であることを特徴とする玉軸受。

【請求項12】 前記保持器の曲面部の曲率半径が、無限大であることを特徴とする請求項11記載の玉軸受。

【請求項13】 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に設けた複数個の玉と、複数個の玉を転動自在に保持する保持器とを備え、外輪軌道と内輪軌道との間の空間内にグリースを封入した玉軸受において、前記グリースが、基油に、繊維長が少なくとも $3\mu\text{m}$ である長繊維状物を30質量%未満の割合で含む金属石けん系増ちょう剤を配合したグリース組成物であるとともに、前記保持器が、全体が円環状をなし、円周方向の複数箇所にポケット面で玉を収容保持するポケットを形成し、かつ、各ポケットのアキシャル方向の一方側に前記玉の直径よりも開口幅が小さい開口部が設けられていると

もに、アキシアル方向における前記玉の転動面と前記ポケット面との間に設けたアキシアル隙間 $\delta$ と前記玉の直径 $D_a$ とが「 $\delta/D_a = -0.01 \sim -0.02$ 」の関係満足しており、

前記内輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の51.5%以上56.0%以下であり、かつ前記外輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の52.5%以上58.0%以下であることを特徴とする玉軸受。

【請求項14】 前記基油の40℃における動粘度が、25～150 mm<sup>2</sup>/sであることを特徴とする請求項11～13の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項15】 前記金属石けんが、有機脂肪酸金属塩または有機ヒドロキシ脂肪酸金属塩であることを特徴とする請求項1～14の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項16】 前記グリース組成物の混和ちょう度が、250～330であることを特徴とする請求項1～15の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項17】 前記外輪軌道の断面形状の曲率半径が、前記内輪軌道の断面形状の曲率半径よりも大きいことを特徴とする請求項1～15の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項18】 軸受単体で内部隙間を有し、かつ少なくともアキシアル荷重が負荷されて接触角が0°以外で使用されることを特徴とする請求項1～17の何れか1項に記載の玉軸受。

【請求項19】 ポケットを構成する球面部と玉の転動面とが摺接する接点角度が軸受の接触角よりも大きいことを特徴とする請求項18記載の玉軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般産業用に使用される各種モータ用玉軸受に関し、特に保持器音の低減、低振動化、フレッチング損傷（磨耗）、低トルク化及び音響耐久性の改善を図った玉軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】一般産業用として、例えば空気調整装置（以下、「エアコンディショナー」と称する）用の駆動用モータ装置が挙げられる。このエアコンディショナーは近年、高性能化や多機能化が進み、例えばインバータ制御により、高速運転により急速冷却して短時間で室内温度を下げた後は、低速運転で部屋の温度を一定に維持することが行われている。それに伴って低速運転時には、空気の吹き出し音や、モータの回転音等を抑えた低騒音運転が要求されている。しかし、低速運転時には装置内部の冷却効率が低下してモータに組み込まれた転がり軸受の温度は100～120℃前後まで上昇することがあり、また潤滑による油膜厚の確保が難しくなり、軸受に封入したグリースが劣化しやすくなる。そして、劣化が進行すると騒音が発生する。

【0003】また、エアコンディショナーに使用される

室外機においては、冬季等の低温環境における運転起動時の軸受初期音響（保持器音）が問題になることがある。更に、エアコンディショナーに使用されるモータ装置は、転がり軸受が組み込まれた状態でモータメーカーからエンドユーザーへトラックにより長距離輸送されることがある。このような輸送においてはトラックが道路の細かな凹凸を拾い、それが繰り返し加えられる衝撃荷重となって転がり軸受に伝わる。それにより、転がり軸受の転動体と軌道面とが微小接触を繰り返し、軌道面にフレッチング損傷（摩耗）が発生して騒音を引き起こすことがある。

【0004】一方で、上記した高性能化・多機能化と同時に環境規制にも配慮し、モータからの発熱を抑制するために小型化、低出力化が促進されている。このため、これらの用途に使用される転がり軸受では、トルク特性が重要な機能として求められている。転がり軸受の動摩擦トルクは、転がり接触面の微小滑りによる摩擦、軸受内の滑り接触部における滑り摩擦、グリースの粘性抵抗が原因で発生する。このうちグリースの粘性抵抗は、基油の動粘度およびグリースのちょう度に影響を受けることが知られている。従って、基油の動粘度は流体潤滑膜が形成された際の油のせん断抵抗によるため、この動粘度の低減が転がり軸受の動摩擦トルクを低減させる上で大きな解決策となる。また、グリースのちょう度は軸受回転時、軸受内部でせん断を受ける際のチャネリング性に関わるため、このちょう度を低減することも効果的である。

【0005】しかしながら、基油の動粘度を低減させると、上記したように、エアコンディショナーのモータでは、インバータ制御により比較的低速で運転されることがあるために油膜厚さの確保が難しくなる。また、一般に動粘度が低い油は耐熱性が低く、音響耐久性に問題が出てくる。一方、グリースのちょう度を低減させることは増ちょう剤の配合量の増加を招くため、グリース中の基油の量が相対的に少なくなり、またグリースの機械的せん断の抵抗力が高まるため、結果として軸受潤滑面への基油の供給量が減り、潤滑性を長期にわたり安定に維持することができなくなる。

【0006】このように基油動粘度及びグリースちょう度の低減には限度があり、上記した用途の転がり軸受では、40℃における基油動粘度が10～500 mm<sup>2</sup>/s、グリースのちょう度がNLGI No. 2～3グレード、もしくは増ちょう剤配合量としてグリース全量に対して5～20質量%の範囲のグリースが適当とされている。また、特に低騒音特性、即ち音響耐久性が要求されるモータでは、エステルを基油とし、これに脂肪酸リチウム塩を増ちょう剤として配合したグリースが一般に使用されている。これは、エステル油が鉱油に比べて耐熱性が高く、その分子構造中に極性基を有しており、この極性基が金属表面への吸着性を高めて摩耗特性を良好に

し、音響耐久性を向上させる作用を有することによる。更に、フレッチング損傷(磨耗)の低減が要求される場合には、油膜形成性の高い比較的高粘度の基油を使用することが有効とされている。

【0007】一方、上記用途に使用される転がり軸受として、例えば図1に示すような玉軸受が知られている。この玉軸受は、外周面に内輪軌道1を有する内輪2と内周面に外輪軌道3を有する外輪4とを同心に配置し、内輪軌道1と外輪軌道3との間に、複数個の玉5、5を転動自在に設けてなる。図示の例の場合、内輪軌道1と外輪軌道3とは、共に深溝型としている。また、玉5、5は、保持器6に設けたポケット7、7内に、転動自在に保持されている。

【0008】また、保持器6は、波形プレス保持器と呼ばれるもので、それぞれが金属板材をプレス成形する事により造られる、波形で円環状に形成された1対の素子8、8を組み合わせてなる。これら両素子8、8は、それぞれの円周方向複数個所に、各ポケット7、7を構成するための、略半円筒状の凹部9、9を形成している。そして、この1対の素子8、8同士をこれら各凹部9、9から外れた部分で突き合わせ、これら各部分を複数のリベット10により結合固定して、円環状で円周方向複数個所にポケット7、7を有する保持器6としている。また、各凹部9、9の内面中間部は、各玉5、5の外面の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径を有する、断面円弧状の球状凹面としている。この為、1対の素子8、8を突き合わせると、上記凹部9、9が組み合わされてポケット7、7を構成する。

【0009】上記玉軸受は、使用時には、玉5、5の転動に伴って、内輪2と外輪4との相対回転が自在となる。その際、玉5、5は、自転しつつ内輪2の周囲を公転する。また、保持器6は、各玉5、5の公転速度と同じ速度で、内輪2の周囲を回転する。

【0010】内輪2の外周面と外輪4の内周面との間部分には、グリースその他の潤滑油等の潤滑剤を充填もしくは連続的に供給して、上記の相対回転が円滑に行なわれるようにしてある。そして、玉軸受に振動や騒音が生じないようにするとともに、焼き付き等の故障を防止する。尚、エアコンディショナー用玉軸受では、シール板やシールド板等の密封部材により、内輪2の外周面と外輪4の内周面との間の空間の両端開口を塞ぎ、この空間から潤滑剤が漏洩したり、あるいはこの空間内に塵芥等の異物が進入するのを防止する場合もある。但し、図1にはこのような密封部材を持たない玉軸受を示している。

【0011】また、内輪軌道及び外輪軌道の断面形状の曲率半径は、荷重や回転速度等に応じて種々の設計がなされているが、通常は内輪軌道の曲率半径及び外輪軌道の曲率半径とも玉径の52%に設定されている。これは、JIS規格の「転がり軸受の動定格荷重及び定格寿命の計算方法 解説」(JIS B 1518-199

2)の解説表2 軌道溝の半径及び減少係数において、単列深溝玉軸受の動定格荷重の計算に、断面形状の曲率半径としてR52%が示されていることによる。尚、本出願人による軸受カタログにおいても、動定格荷重及び静定格荷重等を内輪軌道及び外輪軌道の各断面形状の曲率半径として転動体直径の52%を用いて計算している。このように、内輪軌道及び外輪軌道の各断面形状の曲率半径として転動体直径の52%を用いるのが一般的である。

10 【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した玉軸受の場合、必要量の潤滑剤を充填若しくは供給しても、保持器6に振動が誘発されて玉軸受には保持器音と呼ばれる騒音や振動が発生する場合がある。このような保持器6の振動は、保持器6の玉5、5に対する動き量が大きいことに起因して、各玉5、5と保持器6との間の滑り摩擦に基づいて発生する。そこで、従来では、ポケット7、7の内面と玉5、5の転動面との間の隙間を小さくして、玉5、5に対する保持器6の動き量を小さくすることで保持器音の発生を抑えることが行なわれている。

【0013】しかしながら、単に玉5、5に対する保持器6の動き量を小さくしても、潤滑剤の供給が不十分な場合のように運転条件が厳しい場合には、保持器6のポケット7、7の内周面形状に起因して保持器音が発生する事がある。即ち、図1に示した従来の保持器6では、ポケット7、7の内周面が、ほぼその全幅に亘って玉5、5の転動面と摺接し得るため、これら内周面と転動面との間に作用する摩擦力が大きくなる。この点について、図20及び図21を参照してより詳しく説明する。

【0014】先ず、図1に示した従来構造の場合、ポケット7、7の内周面は、図20及び図21に斜格子で示すように、凹部9、9の大部分がその全幅に亘って、玉5、5(図1、図23)の転動面の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径を有する保持案内面として機能する球面部15、15になっている。このように、ポケット7、7の内周面がその全幅に亘って保持案内面として機能する球面部15になっていると、これら各ポケット7、7の内周面と各玉5、5の転動面との摩擦面積が広くなり、保持器6と玉5、5との滑り接触部分で発生する摩擦振動が大きくなって、振動や騒音を誘発する。また、各ポケット7、7がその全幅に亘って単一球面である球面部15、15となっていた場合には、これら各ポケットの球面部15、15の中心 $O_1$ 、(図23)と、各ポケット7、7内に保持した玉5、5の中心 $O$ 、(図23、図24)とがずれた場合には、玉5、5の転動面に付着した潤滑剤が掻き取られて、上記振動や騒音が著しくなる。この点について、図1に示したような波形プレス保持器を例にして、図22～図24を参照して詳しく説明する。

【0015】従来の保持器6は、各ポケット7、7を構成する球面部15の曲率半径 $R_{15}$ が、図22に示すように、玉5の曲率半径 $R_5$ より僅かに大きな( $R_{15} > R_5$ )、単一球面であった。また、保持器6の幅方向に関する各ポケット7、7の内寸の1/2である、これら各ポケット7、7の深さ $D_7$ は、図23に誇張して示すように、球面部15の曲率半径 $R_{15}$ よりも少しだけ小さくしていた。

【0016】このような保持器6を組み込んだ玉軸受では、運転時に、各玉5の転動面と保持器6に設けた各ポケット7の内周面とが当接し、これら各玉5は、自転しつつこの保持器6と同一速度で公転する。しかし、各玉5は、内輪軌道1及び外輪軌道3(図1)の形状誤差、あるいは玉5自身の相互差及び玉軸受の傾き(内輪2と外輪4との中心軸のずれ)等によって、全ての玉5の公転速度が完全に一致する事はなく、玉5毎に微小な遅れや進みを生ずる。その結果、各玉5と保持器6との間で、玉5が保持器6を公転方向に押す場合と、逆に保持器6が玉5を押す場合とが生ずる。何れの場合も、玉5の転動面はポケット7の内周面を構成する球面部15と接触する。即ち、これら各球面部15の曲率半径 $R_{15}$ は、各玉5の曲率半径 $R_5$ よりも大きいので、保持器6は、図23に示すように、これら曲率半径 $R_{15}$ 、 $R_5$ の相違に基づく隙間分だけ半径方向に変位する。そして、この状態で、各玉5の転動面と各ポケット7を構成する球面部15とが摺接する。即ち、この状態では、図23及び図24に示すように、各ポケット7を構成する球面部15と玉5の転動面とは、保持器6の幅方向(図23の上下方向、図24の左右方向)の両側で、ポケット7の円周方向中央部から円周方向端部に向けてずれた2点 $P_1$ 、 $P_2$ で摺接する。

【0017】上記曲率半径 $R_{15}$ 、 $R_5$ の相違に基づき、隙間に基づき、保持器6のポケット7の中心 $O_7$ が、図24に示すように、玉5の中心 $O_5$ よりも内径側にずれた場合には、玉5の転動面のうち、保持器6の外径寄り部分と、ポケット7の内周面を構成する球面部15の保持器6の外径寄り部分とが摺接する。そのため、玉軸受を潤滑するために供給され、各玉5の転動面に付着したグリースや油等の潤滑剤が球面部15の端縁部で掻き取られ、この潤滑剤が各ポケット7内に取り込まれず、ポケット7の外に押し出される。また、保持器6の円周方向反対側では、玉5の転動面のうち、保持器6の内径寄り部分と、ポケット7の内周面を構成する球面部15の保持器6の内径寄り部分とが摺接する現象が発生し、やはり潤滑剤の取り込み不良が生じる。

【0018】このような潤滑剤の取り込み不良が生じる結果、各玉5の転動面と、保持器6のポケット7の内周面を構成する球面部15との摺接部の滑り摩擦係数が増加する。その結果、保持器6を組み込んだ玉軸受の摩擦トルクが変動したり、あるいは増加し、更には運転時に

摩擦音が発生したり、場合によってはこの摩擦音が著しくなる等の問題を生じる。

【0019】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、特に保持器音の低減、低振動化、フレッチング損傷(磨耗)の低減、低トルク化及び音響耐久性の改善を図った玉軸受を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は以下の第1〜第4の玉軸受を提供する。

(1) 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に設けた複数個の玉と、複数個の玉を転動自在に保持する保持器とを備え、外輪軌道と内輪軌道との間の空間内にグリースを封入した玉軸受において、前記グリースが分子構造中に極性基を有する潤滑油と無極性潤滑油とを混合してなる基油に、繊維長が少なくとも $3\mu\text{m}$ である長繊維状物を30質量%以上の割合で含む金属石けん系増ちょう剤を配合したグリース組成物であるとともに、前記保持器のポケット内周面が、前記玉の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径の球状凹面からなる球面部と、前記球面部よりも大きな曲率半径を有し、かつ前記球面部の端縁から前記各ポケットの開口側端縁に向けて滑らかに連続する曲面部とから構成されており、前記内輪軌道及び前記外輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の51.0%以上60.0%未満であることを特徴とする、第1の玉軸受。

(2) 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、外輪軌道と内輪軌道との間に転動自在に設けた複数個の玉と、複数個の玉を転動自在に保持する保持器とを備え、外輪軌道と内輪軌道との間の空間内にグリースを封入した玉軸受において、前記グリースが、基油に、繊維長が少なくとも $3\mu\text{m}$ である長繊維状物を30質量%未満の割合で含む金属石けん系増ちょう剤を配合したグリース組成物であるとともに、前記保持器のポケット内周面が、前記玉の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径の球状凹面からなる球面部と、前記球面部よりも大きな曲率半径を有し、かつ前記球面部の端縁から前記各ポケットの開口側端縁に向けて滑らかに連続する曲面部とから構成されており、前記内輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の51.5%以上56.0%以下であり、かつ前記外輪軌道の断面形状の曲率半径が前記玉の直径の52.5%以上58.0%以下であることを特徴とする、第2の玉軸受。

(3) 上記第1の玉軸受において、前記保持器として、全体が円環状をなし、円周方向の複数箇所にポケット面で玉を收容保持するポケットを形成し、かつ、各ポケットのアキシャル方向の一方側に前記玉の直径よりも開口幅が小さい開口部が設けられているとともに、アキシャル方向における前記玉の転動面と前記ポケット面との間に設けたアキシャル隙間 $\delta$ と前記玉の直径 $D_a$ とが $\delta$

／ $D a = -0.01 \sim 0.02$ 」の関係を満足する冠型保持器を用いたことを特徴とする、第3の玉軸受。

(4) 上記第2の玉軸受において、前記保持器として、全体が円環状をなし、円周方向の複数箇所にポケット面で玉を収容保持するポケットを形成し、かつ、各ポケットのアキシャル方向の一方側に前記玉の直径よりも開口幅が小さい開口部が設けられているとともに、アキシャル方向における前記玉の転動面と前記ポケット面との間に設けたアキシャル隙間 $\delta$ と前記玉の直径 $D a$ とが「 $\delta / D a = -0.01 \sim 0.02$ 」の関係を満足する冠型保持器を用いたことを特徴とする、第4の玉軸受。

【0021】

【作用】本発明の第1の玉軸受及び第2の玉軸受はともに、上述のように構成される保持器を備えており、この保持器は、各ポケットの内周面と玉の転動面とが球面部でのみ擦れ合い、曲面部では擦れ合わない。また、曲面部と玉の転動面との間には、球面部と玉の転動面との間に存在する隙間よりも大きな隙間が存在する。従って、各ポケットの内周面と玉の転動面との摩擦面積が減少するだけでなく、球面部と転動面との間に存在する隙間部分への潤滑剤（グリース）の取り込みが円滑に、効果的に行なわれる。これらの作用により、保持器と玉との滑り接触部分に作用する摩擦を低減し、この滑り接触部分で発生する摩擦振動を低減して、振動や騒音の減少を図れる。

【0022】また、第1の玉軸受では、内輪軌道の断面形状の曲率半径を玉の直径の51.5%以上56.0%以下とし、外輪軌道の断面形状の曲率半径を玉の直径の52.5%以上58.0%以下とした場合に、一方、第2の玉軸受では、内輪軌道の断面形状の曲率半径を玉の直径の51.5%以上56.0%以下とし、外輪軌道の断面形状の曲率半径を玉の直径の52.5%以上58.0%以下とした場合に、何れも、玉の転動面と内・外輪軌道面との接触部に存在する弾性変形量が少なくなる。即ち、ヘルツの接触楕円が小さくなり、差動すべりを軽減し、軸受トルクの低減を図れる。また、輸送時に繰り返し加えられる衝撃荷重に対して、内・外輪軌道面に発生するフレッチング損傷（磨耗）を低減することができ、音響耐久性を改善できる。内・外輪軌道の断面形状の曲率半径が上記の各上限を超える場合、接触楕円部分での最大ヘルツ接触圧力が過大になり、内・外輪軌道の転がり疲れ寿命を低下させて、音響や剥離寿命の面で不利となる。また、外輪軌道の断面形状の曲率半径を内輪軌道の断面形状の曲率半径以上とすることにより、玉の転動面と内輪軌道及び外輪軌道との接触面圧差を小さくすることができる。

【0023】更に、第1の玉軸受では、上記した特定のグリース組成物を用いることにより、軸受トルクを低減することができる。即ち、グリース組成物の増ちょう剤が繊維長3 $\mu m$ 以上の長繊維状物を30質量%以上の割

合で含むため、この長繊維状物が軸受回転時の剪断で配向性を示し、それにより軸受トルクが低減される。特に第1の玉軸受では、この軸受トルク低減効果は、基油の無極性潤滑油との組み合わせによってさらに増す。また、基油に、分子構造中に極性基を有する潤滑油（以下「極性基含有潤滑油」という）が配合されているため、この極性基含有潤滑油が、従来の極性基を有する基油（例えばエステル油）と同様に作用して、軸受回転部の接触面に優先的に吸着して吸着膜を形成し、表面摩擦特性を改善して軸受トルクを低減する。更に、この極性基含有潤滑油が、金属石けんのミセル構造と相互作用を示し、特に長繊維状物同士の結合力を弱め、軸受回転時におけるグリースの剪断抵抗を低減して軸受トルクを更に低減する。このことにより、玉の直径に対する内輪軌道及び外輪軌道の断面形状の曲率半径を52%より小さくしても、これらの値が51%以上であれば、従来の仕様より優れた動トルク特性が得られる。

【0024】更には、第1の玉軸受及び第2の玉軸受とも、外輪と内輪との相対回転時に、外輪軌道及び内輪軌道と玉の軌道面との間に作用する摩擦を低減させて、転がり軸受の内部での発熱を抑えることができる。その結果、内部に封入したグリース組成物の劣化を抑制して、玉軸受の音響耐久性向上が図れる。

【0025】一方、第3の玉軸受は上記第1の玉軸受、また第4の玉軸受は上記第2の玉軸受に、それぞれ特定のポケット形状を有する、所謂「冠型保持器」と呼ばれる保持器を組み込んだ構成である。従って、第3の玉軸受では第1の玉軸受と同等の効果が、また第4の玉軸受では第2の玉軸受と同等の効果がそれぞれ得られる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照して、本発明の玉軸受を詳細に説明する。

【0027】（第1の玉軸受）本発明に係る第1の玉軸受において、玉軸受の構造には、後述される保持器の形状及び玉の直径に対する内輪軌道及び外輪軌道の断面形状の曲率半径以外は制限が無く、例えば図1に示した構造とすることができる。上述したように、この玉軸受は、外周面に内輪軌道1を有する内輪2と、内周面に外輪軌道3を有する外輪4とを同心に配置し、内輪軌道1と外輪軌道3との間に、複数の転動体である玉5、5を転動自在に設けてなる。また、内輪軌道1及び外輪軌道3は共に深溝型としており、玉5、5は保持器6に設けたポケット7、7内に転動自在に保持されている。保持器6は、波形プレス保持器と呼ばれるもので、金属板材をプレス成形により波形で円環状に形成した一対の素子8、8を組み合わせてなる。両素子8、8は、それぞれの円周方向複数箇所に、各ポケット7、7を構成するための略半円筒状の凹部9、9を形成している。そして、この1対の素子8、8同士をこれら各凹部9、9から外れた部分で突き合わせ、これら各部分を複数のリベ

ット10により結合固定して円環状で円周方向複数個所にポケット7、7を有する保持器6としている。

【0028】本発明において、保持器6の内面形状は、玉5の曲率半径よりも僅かに大きな曲率半径の球状凹面からなる球面部と、球面部よりも大きな曲率半径を有し、かつ球面部の端縁からポケット7の開口側端縁に向けて滑らかに連続する曲面部とを有する。

【0029】即ち、図2は保持器6を幅方向に沿って示す断面図であるが、各ポケット7の内周面は、中央部分の球面部15と、その両端縁から連続して延在する曲面部18とから形成されている。球面部15は、各ポケット7の内周面のほぼ全長に亘って形成され、玉5の転動面の曲率半径R、よりも僅かに大きな曲率半径R<sub>15</sub>を有する球状凹面である。また、曲面部18は、球面部15の幅方向両端縁から連続して各ポケット7の開口端縁部にまで達しており、球面部15よりも大きな曲率半径R<sub>18</sub>（R<sub>18</sub>>R<sub>15</sub>>R）を有する。また、曲面部18、18の内端縁と球面部15の幅方向端縁とは、滑らかに連続している。即ち、球面部15の両端縁に於ける接線方向と、曲面部18、18の内端縁に於ける接線方向とは、互いに一致して形成されている。尚、球面部15及び曲面部18、18の円弧長さL<sub>15</sub>、L<sub>18</sub>は設計的に定めるが、例えば次の様な範囲内に規制することが好ましい。

$$L_{15} = R_{15} \cdot \theta_{15} = 2R \cdot (5 \sim 15\%)$$

$$L_{18} = R_{18} \cdot \theta_{18} = 2R \cdot (5 \sim 15\%)$$

【0030】また、上記各ポケット7を保持器6の径方向から見た形状は、図3に誇張して示すように、円形よりもラグビーボール状に少し潰れた形状としている。即ち、前述の図23に示した従来構造と同様に、各ポケット7の深さD、を、球面部15の曲率半径R<sub>15</sub>よりも小さくしている。特に本発明の場合には、これらD、と曲率半径R<sub>15</sub>との差（R<sub>15</sub>-D、）を、前述した従来構造の場合よりも大きくしている。従って、本例の場合には、各ポケット7を構成する球面部15と玉5の転動面とが摺接する点P<sub>1</sub>が、図3に示すように、ポケット7の幅方向中央部から幅方向端部に向けて比較的大きくずれた位置に存在する。即ち、接点角度α（玉5の中心と点P<sub>1</sub>とを結ぶ直線と、保持器6の円周方向を表す線との交差角度）が、前述の図23に示した従来構造の場合よりも大きい。尚、この接点角度αは、保持器6を組み込む玉軸受の接触角（例えば10°～20°）よりも大きい値とする（最大90°）。従って、各玉5の転走面と、ポケット7の内周面との間には、図3に示すように、比較的大きな隙間19が存在することになる。

【0031】上述のように構成される保持器6では、各ポケット7の内周面と玉5の転動面とは、球面部15でのみ擦れ合い、曲面部18、18では擦れ合わない。従って、各ポケット7の内周面と玉5の転動面との摩擦面積が減少し、保持器6と玉5との滑り接触部分で発生す

る摩擦振動が低減されて、振動や騒音が減少する。また、球面部15を挟む状態で形成した1対の曲面部18、18と玉5の転動面との間には、図2に示すように、くさび状隙間17a、17aが存在する。そのため、玉軸受の運転時に、玉5の転動面に付着した潤滑剤は、くさび状隙間17a、17aから球面部15と転動面との間に存在する隙間部分に円滑に取り込まれる。しかも、曲面部18、18は、各ポケット7の内径側、外径側、両開口部の全長に亘って設けており、くさび状空隙17a、17aも、これら両開口部の全長に亘って存在するので、球面部15と玉5の転動面との間に存在する隙間部分への潤滑剤の取り込みが効果的に行なわれる。これらにより、保持器6と玉5との滑り接触部分に作用する摩擦をより低減し、この滑り接触部分で発生する摩擦振動を低減して、振動や騒音の減少が図られる。

【0032】しかも、図3に示すように、玉5の転走面とポケット7の内周面との間に、比較的大きな隙間19が存在する。玉5の転動面のうち、特に転走面に付着した潤滑剤は、この隙間19を通過して殆ど掻き取られることなく、この転走面と内輪軌道1及び外輪軌道3（図1）との当接部に送り込まれる。このため、この当接部に十分な量の潤滑剤を送り込んで、玉軸受の潤滑性を良好にし、この玉軸受の耐久性向上が図られる。

【0033】保持器6はまた、図4に示すように、ポケット7の内周面を構成すべく、球面部15の両側に設けた1対の曲面部18、18の断面形状を直線状とすることもできる。即ち、これら各曲面部18、18を円錐状凹面とし、断面形状の曲率半径を無限大（∞）としている。その他の構成及び作用は、上述した例と同様である。

【0034】また、内輪軌道1及び外輪軌道3の断面形状の曲率半径を、玉5の外径（即ち、直径）の51.0%以上60.0%未満とする。このような寸法規定により、長繊維状物を含む増ちょう剤と、極性基含有潤滑油と無極性潤滑油とを基油として含むグリースのトルク低減効果と、内輪軌道1及び外輪軌道3と玉5の転動面との接触部に存在する弾性変形量が少なくなり、ヘルツの接触楕円が小さくなって差動すべりを軽減する効果との相乗効果により、軸受トルクの低減を図ることができる。

また、輸送時に繰り返し加えられる衝撃荷重に対して、内輪軌道1及び外輪軌道3に発生するフレッチング損傷（磨耗）を低減することができ、音響耐久性を改善できる。これに対し、特に、内輪軌道1及び外輪軌道3の断面形状の曲率半径を玉5の直径の60.0%以上にすると、接触楕円部分での最大ヘルツ接触圧力が過大になり、内輪軌道1及び外輪軌道3の転がり疲れ寿命を低下させて、音響や剥離寿命の面で不利となる。

【0035】内輪軌道1及び外輪軌道3の断面形状の曲率半径の好ましい範囲は、玉5の直径の51.5%以上58.0%以下であり、同様に内輪軌道1の断面形状の

曲率半径が玉5の直径の50.5%以上56.0%以下で、かつ外輪軌道3の断面形状の曲率半径が玉5の直径の53.0%以上58.0%以下であることが好ましい。更に、外輪軌道3の断面形状の曲率半径を内輪軌道1の断面形状の曲率半径より大きくすることにより、玉5の転動面と内輪軌道の接触面圧が小さくなるとともに、玉5の転動面と外輪軌道3との接触面圧との差が小さくなり好ましい。

【0036】とりわけ、内輪軌道1の断面形状の曲率半径を玉5の直径の51.0%以上56%以下とし、かつ外輪軌道3の断面形状の曲率半径を玉5の直径の52.5%以上58.0%以下とすることが好ましく、軸受トルクの低減、フレッチング損傷(磨耗)の低減及び音響耐久性の改善をより一層図ることができる。この場合も、外輪軌道3の断面形状の曲率半径を内輪軌道1の断面形状の曲率半径以上とすることが好ましい。

【0037】また、上記の玉軸受には、後述されるグリース組成物を充填して内輪2と外輪4との相対回転が円滑に行われ、振動や騒音が発生しないようにする。そのために、図示は省略するが、外輪4の両端部内周面に円環状のシール板やシールド板などの密封板を装着してグリースの漏洩及び外部からの異物の侵入を防止する。更に、内輪2、外輪4、玉5、保持器6の表面に、金属製部品の防錆や寿命の延長等を目的として潤滑油を薄く塗布しておくことが好ましい。

【0038】上記の如く構成される玉軸受に充填されるグリース組成物を構成する基油は、極性基含有潤滑油と無極性潤滑油との混合油である。極性基含有潤滑油としては、エステル構造を有する潤滑油またはエーテル構造を有する潤滑油が好適である。

【0039】エステル構造を有する潤滑油としては、特に制限はないが、二塩基酸と分岐アルコールとの反応から得られるジエステル油、炭酸エステル油、芳香族系三塩基酸と分岐アルコールとの反応から得られる芳香族エステル油、一塩基酸と多価アルコールとの反応から得られるポリオールエステル油等を好適に挙げることができる。これらは、単独でも複数種を併用してもよい。以下にそれぞれの好ましい具体例を例示する。

【0040】ジエステル油としては、ジオクチルアジベート(DOA)、ジイソブチルアジベート(DIB A)、ジブチルアジベート(DBA)、ジブチルセバケート(DBS)、ジオクチルセバケート(DOS)、メチル・アセチルリシノレート(MAR-N)等が挙げられる。

【0041】芳香族エステル油としては、トリオクチルトリメリート(TOTM)、トリデシルトリメリート(TDTM)、テトラオクチルピロメリート(TOPM)等が挙げられる。

【0042】ポリオールエステル油としては、以下に示す多価アルコールと一塩基酸とを適宜反応させて得られ

るものなどが挙げられる。多価アルコールと反応させる一塩基酸は、単独でも複数種を併用してもよい。更に、多価アルコールと二塩基酸・一塩基酸の混合酸とのオリゴエステルであるコンプレックスエステルとして用いてもよい。多価アルコールとしては、トリメチロールプロパン(TMP)、ペンタエリスリトール(PE)、ジペンタエリスリトール(DPE)、ネオペンチルグリコール(NPG)、2-メチル-2-プロピル-1,3-プロパンジオール(MPPD)などが挙げられる。一塩基酸としては、主に $C_4 \sim C_{16}$ の一価脂肪酸が用いられ、具体的には酪酸、吉草酸、カプロン酸、カプリル酸、エナント酸、ペラルゴン酸、カプリン酸、ウンデカン酸、ラウリン酸、ミステリン酸、パルミチン酸、牛脂脂肪酸、スレアリン酸、カプロレイン酸、パルミトレイン酸、ペトロセリン酸、オレイン酸、エライジン酸、アスクレピン酸、バクセン酸、ソルビン酸、リノール酸、リノレン酸、サビニン酸、リシノール酸等が挙げられる。

【0043】炭酸エステル油としては、直鎖または分岐アルキル基の $C_4 \sim C_{16}$ が挙げられる。

【0044】また、エーテル構造を有する潤滑油としては、例えば(ジ)アルキルジフェニルエーテル油、(ジ)アルキルポリフェニルエーテル油、ポリアルキレングリコール油等を挙げることができる。

【0045】上記各極性基含有潤滑油は、単独で用いてもよいし、複数種を併用してもよい。また、トルク特性および音響耐久性を考慮すると、中でもポリオールエステル油、芳香族エステル油が好ましい。

【0046】一方、無極性潤滑油としては、鉱油、合成炭化水素油、あるいはこれらの混合油を用いることができる。鉱油の例としては、パラフィン系鉱油、ナフテン系鉱油等を挙げることができる。また、合成炭化水素油の例としては、ポリ- $\alpha$ -オレフィン油等を挙げることができる。中でも、音響耐久性を考慮すると、合成炭化水素油が好ましい。

【0047】上記極性基含有潤滑油と無極性潤滑油とは、極性基含有潤滑油が基油全量の5~70質量%、特に10~70質量%を占めるように配合することが好ましい。極性基含有潤滑油の配合量が5質量%未満では、音響耐久性およびトルク低減に十分な効果が得られない。本発明の玉軸受に用いるグリース組成物は、予め無極性潤滑油の中で長繊維状物を含む金属石けん系増ちょう剤を合成し、溶解した後、ゲル体を作製し、このゲル体と極性基含有潤滑油とを混合して調製される。従って、極性基含有潤滑油の配合量が70質量%を超えると、無極性潤滑油の量が少なすぎて長繊維状の金属石けん系増ちょう剤の合成に悪影響が出てくる。

【0048】また、極性基含有潤滑油と無極性潤滑油とを配合してなる基油の動粘度は、従来と同様の $10 \text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以上 $500 \text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以下の範囲で構わないが、上記の製造方法を円滑に行う上で、

10

20

30

40

50



極性基含有潤滑油として $2000\text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以上 $100000\text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以下の高粘度極性基含有潤滑油を含むことが好ましい。また、増ちょう剤として長繊維状物を含むことによりトルクの低減ができるので、フレッチング特性を高めるには基油の動粘度は高い方が望ましく、 $25\text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以上 $500\text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以下、特に $50\text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以上 $500\text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ )以下であることが好ましい。

【0049】更に、 $40^\circ\text{C}$ における動粘度が $10\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $150\text{ mm}^2/\text{s}$ 未満である低粘度極性基含有潤滑油と、 $40^\circ\text{C}$ における動粘度が $150\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $2000\text{ mm}^2/\text{s}$ 未満である中粘度極性基含有潤滑油と、 $40^\circ\text{C}$ における動粘度が $2000\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $100000\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下の高粘度極性基含有潤滑油とを適宜組み合わせ使用することが好ましい。特に、低粘度極性基含有潤滑油と中粘度極性基含有潤滑油と高粘度極性基含有潤滑油の3種を混合して使用することが好ましく、その際、高粘度極性基含有潤滑油の含有量を基油全量の5質量%以上30質量%以下とすることが好ましい。また、低粘度極性基含有潤滑油は、ポリオールエステル油、ジエステル油及びエーテル油から選択される少なくとも1種であることが好ましい。

【0050】また、グリース組成物を構成する増ちょう剤は、繊維長が少なくとも $3\text{ }\mu\text{m}$ である長繊維状物を含む金属石けん系増ちょう剤である。金属石けんとしては、1価および/または2価の有機脂肪酸または有機ヒドロキシ脂肪酸と、金属水酸化物とを合成して得られる有機脂肪酸金属塩または有機ヒドロキシ脂肪酸金属塩が好ましい。金属石けんの合成に用いる有機脂肪酸としては、特に限定されないが、ラウリン酸 ( $\text{C}_{12}$ )、ミステリン酸 ( $\text{C}_{14}$ )、パルミチン酸 ( $\text{C}_{16}$ )、マルガン酸 ( $\text{C}_{17}$ )、ステアリン酸 ( $\text{C}_{18}$ )、アラキジン酸 ( $\text{C}_{20}$ )、ペヘン酸 ( $\text{C}_{22}$ )、リグノセリン酸 ( $\text{C}_{24}$ )、牛脂脂肪酸等が挙げられる。また、有機ヒドロキシ脂肪酸としては、9-ヒドロキシステアリン酸、10-ヒドロキシステアリン酸、12-ヒドロキシステアリン酸、9, 10-ジヒドロキシステアリン酸、リシノール酸、リシノエライジン酸等が挙げられる。一方、金属水酸化物としては、アルミニウム、バリウム、カルシウム、リチウム、ナトリウム等の水酸化物が挙げられる。

【0051】上記有機脂肪酸または有機ヒドロキシ脂肪酸と、金属水酸化物との組み合わせは特に限定されるものではないが、ステアリン酸、牛脂脂肪酸またはヒドロキシステアリン酸 (特に12-ヒドロキシステアリン酸) と、水酸化リチウムとの組み合わせが、軸受性能に優れることから好ましい。また、必要に応じて複数種を併用することもできる。

【0052】長繊維状物を含む金属石けん系増ちょう剤

を含有するグリース組成物を得るには、上記の有機脂肪酸または有機ヒドロキシ脂肪酸と、金属水酸化物とを、基油成分である無極性潤滑油中で反応させ、生成物を極性基含有潤滑油と混合すればよい。生成条件は特に制限されることはないが、一例として次の生成方法を例示する。

【0053】まず、合成炭化水素油 (無極性潤滑油) 中にヒドロキシステアリン酸を溶解し、水酸化リチウムと反応させてリチウム石けんを製造する。これを $210^\circ\text{C}$ 以上に加熱し、リチウム石けんを極性基含有潤滑油中に溶解する。次いで、一旦 $200^\circ\text{C}$ で約60分保持し、その後 $140^\circ\text{C}$ まで $1^\circ\text{C}/\text{分}$ の速度でゆっくり冷却する。そして、 $140^\circ\text{C}$ 以下になった時点で、 $140^\circ\text{C}$ に加熱した追加基油 (合成炭化水素油+極性基含有潤滑油) を加え、3段ロールミルをかけ、目的の長繊維状のリチウム石けんを含有するグリースが得られる。

【0054】尚、増ちょう剤量は従来のグリース組成物と同様にグリース全量に対して5~20質量%で構わず、有機脂肪酸またはヒドロキシ脂肪酸、金属水酸化物の配合量を適宜選択する。

【0055】グリース組成物には長繊維状の金属石けん系増ちょう剤が含まれるが、その割合は増ちょう剤全量の30質量%以上を占めることが好ましく、それより少ないと軸受トルクの低減に十分な効果が得られない。また、長繊維状の金属石けん系増ちょう剤の繊維長が長くなりすぎると、回転時に玉軸受の接触面に入り込んだときの振動が大きくなり、特に初期音響特性に悪影響を及ぼすため、繊維長の上限としては $10\text{ }\mu\text{m}$ が好ましいといえる。また、繊維径は特に制限されるものではないが、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 未満である。長繊維状の金属石けん系増ちょう剤の繊維長及び繊維径は、上記した反応条件を適宜選択することにより制御可能である。

【0056】尚、上記において合成されたグリース組成物において、金属石けん系増ちょう剤の繊維長および繊維径を測定するには、例えばグリース組成物をヘキサン等の溶剤に分散、希釈し、コロジオン膜を張った銅製メッシュに付着させ、透過型電子顕微鏡を用いて6000~20000倍程度の倍率にて観察して行うことができる。図9(A)は顕微鏡写真の一例 (実施例1によるグリース組成物) であるが、繊維長 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上である長繊維状物が生成していることがわかる。

【0057】また、グリース組成物には、上記した基油及び増ちょう剤以外に、カルボン酸またはカルボン酸塩を添加することが好ましい。カルボン酸またはカルボン酸塩を添加することにより、吸着膜を形成して、表面摩擦特性を改善し、軸受トルク低減を更に効果的なものとする。そして、音響耐久性の改善となる。尚、カルボン酸としては、例えばオレイン酸、ナフテン酸、コハク酸等を挙げることができる。コハク酸化合物としては、アルケニルコハク酸が好ましく、コハク酸誘導体として

10

20

30

40

50

は、例えばアルキルコハク酸エステル、アルキルコハク酸エーテル、アルケニルコハク酸エステル、アルケニルコハク酸エーテル等を挙げることができる。また、その添加量は、全体としてグリース組成物全量の10質量%以下とするのが適当である。

【0058】更に、グリース組成物には、その好ましい特性を損なわない限り、酸化防止剤、防錆剤、金属不活性化剤、油性剤、極圧剤、摩耗防止剤、粘度指数向上剤等を単独または2種以上組み合わせて添加することができる。これらは何れも公知のもので構わない。例えば、酸化防止剤としては、アミン系、フェノール系、イオウ系、ジチオリン酸亜鉛等を使用できる。防錆剤としては、石油スルフォネート、ジノニルナフタレンスルフォネート、ソルビタンエステル等を使用できる。金属不活性化剤としては、ベンゾトリアゾールや亜鉛酸ソーダ等を使用できる。油性剤としては、脂肪酸、植物油等を使用できる。粘度指数向上剤としては、ポリメタクリレート、ポリイソブチレン、ポリスチレン等を使用できる。これらの添加剤は、単独または2種以上組み合わせて添加することができ、その添加量は全体としてグリース組成物全量の20質量%以下とすることが好ましい。

【0059】また、グリース組成物の混和ちょう度は、250以上330以下であることが好ましい。

【0060】(第2の玉軸受)本発明に係る第2の玉軸受は、構造的には、上記第1と同様の保持器6を備えるとともに、内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉5の直径の51.5%以上56.0%以下であり、かつ外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉5の直径の52.5%以上58.0%未満であることを特徴とする。玉5の直径に対する内輪軌道の断面形状の曲率半径のより好ましい範囲は、51.5~54.0%であり、外輪軌道の断面形状の曲率半径のより好ましい範囲は52.5~56.0%である。

【0061】上記の如く構成される第2の玉軸受には、潤滑のためのグリースが充填される。このグリースは特に制限されるものではなく、公知の種々のグリースを使用することができる。第1の玉軸受に充填されるグリースと同様の繊維長3 $\mu$ m以上の長繊維状物を含む金属石けん系増ちょう剤を含有するグリース組成物も使用可能であるが、その場合長繊維状物の含有量は30質量%未満とする。また、このグリース組成物において、基油も制限されるものではなく、鉱油や各種の合成油を基油として使用することができる。ただし、トルクと耐フレッチング性等を考慮すると、40℃における動粘度が25~150mm<sup>2</sup>/s、より好ましくは50~100mm<sup>2</sup>/sの基油を用いることが好ましい。

【0062】また、この第2の玉軸受に充填されるグリース組成物には、第1の玉軸受に充填されるグリース組成物と同様の添加剤を添加してもよく、混和ちょう度は第1の玉軸受に充填されるグリース組成物と同様に25

0~330の範囲が好ましい。

【0063】(第3の玉軸受)第3の玉軸受は、上記第1の玉軸受に、図5~図8に示す特定のポケット形状を有する冠型保持器50を組み込んで構成される。この冠型保持器50は、図5に斜視図にて示すように、全体が円環状をなし、その基部54の円周方向の複数箇所に、爪部56とポケット面52とで玉(図示せず)を保持するポケット58を形成し、かつ、各ポケット58のアキシアル方向の一方側に玉の直径より開口径が小さい開口部が形成されている。ここで、図6にポケット部分を拡大して示すように、アキシアル方向における玉Bの転動面とポケット面52との間に設けたアキシアル隙間 $\delta$ と、玉Bの直径Daとが「 $\delta/Da = -0.01 \sim -0.02$ 」を満足するように設定されている。

【0064】 $\delta/Da$ の値が0.02を超えると、玉Bに対して冠型保持器50がアキシアル方向に移動しようとする場合に、アキシアル隙間 $\delta$ が大きすぎて玉Bが開口部の内側の第1のポケット面60とポケット58の底部の第2のポケット面62とに大きな力で衝突し、騒音レベルが上昇するおそれがある。一方、 $\delta/Da$ の値が-0.01より小さくなると、玉Bの転動面とポケット面52との間のアキシアル隙間 $\delta$ が小さくなりすぎ、動トルクが急増するおそれがある。

【0065】これに対して、 $\delta/Da$ の値が-0.01~0.02の範囲に設定すると、開口部の内側の第1のポケット面60と底部の第2のポケット面62とで冠型保持器50のアキシアル方向の移動を制限して玉Bとポケット面52との衝突力が小さくなり、しかも、潤滑剤溜りが十分に得られるので、動トルクや騒音レベルの上昇を抑制することができる。また、ポケット面52を開口部の内側に設けた一对の第1のポケット面60と、第1のポケット面60の間に設けられた第2のポケット面62とで構成し、第1のポケット面60の曲率半径Raの中心O<sub>1</sub>を、玉Bの回転中心に略一致している第2のポケット面62の曲率半径Rの中心O<sub>2</sub>に対して、アキシアル方向にh<sub>1</sub>だけ偏在させた構成とすると、玉Bが開口部の内壁に接触する際に、図7に示すように、玉Bと第1のポケット面60との間の内周方向に比較的大きな潤滑剤溜り66が形成されるため、動トルクや騒音レベルの上昇を抑制できるとともに、ポケット内に潤滑剤が流入・保持されやすくなる。

【0066】具体的には、第1のポケット面60の曲率半径Raを第2のポケット面62の曲率半径Rより大きな値に設定し、第1のポケット面60の曲率半径Raの曲率中心O<sub>1</sub>を第2のポケット面62の曲率半径Rの曲率中心O<sub>2</sub>から開口部に対して逆側に離れたアキシアル方向にh<sub>1</sub>だけ偏在させ、第1のポケット面60の変曲点高さと第2のポケット面62の変曲点高さとを一致させると、円周方向に比較的大きな潤滑剤溜り66が形成される。

【0067】また、図8に示すように、第1のポケット面60の曲率半径 $R_a$ を第2のポケット面62の曲率半径 $R$ より小さく設定し、第1のポケット面60の曲率半径 $R_a$ の曲率中心 $O_2$ を第2のポケット面62の曲率半径 $R$ の曲率中心 $O$ に対して $h_2$ だけ円周方向に偏在させ、第1のポケット面60の変曲点高さと第2のポケット面62の変曲点高さとを一致させると、開口部側のポケット面の玉Bに対する抱え込み方を自在に設定することができる。

【0068】更に、図示は省略するが、第1のポケット面60の曲率半径 $R_a$ を第2のポケット面62の曲率半径 $R$ と同一に設定し、第1のポケット面60の曲率半径 $R_a$ の曲率中心を第2のポケット面62の曲率半径 $R$ の曲率中心から開口部に対して逆側に離れたアキシャル方向に偏在させ、第1のポケット面60の変曲点高さと第2のポケット面62の変曲点高さとを一致させる構成とすることもできる。

【0069】尚、上記のようなポケット形状の設計は、できるだけ多くのポケット58について行われることが好ましいが、軸受単体で内部隙間を有し、少なくともアキシャル荷重が負荷された状態で使用される場合は、軸受の接触面は最低3点で接触が安定するため、少なくとも3つのポケット58が上記のようなポケット形状に設計されていればよい。

【0070】そして、上記の冠型保持器50を備える玉軸受には、第1の玉軸受と同様のグリース組成物が充填され、本発明に係る第3の玉軸受が完成する。この第3の玉軸受は、第1の玉軸受と同様に、保持器音の低減、低振動化、フレッチング損傷（磨耗）、低トルク化及び音響耐久性が改善されたものとなる。

【0071】（第4の玉軸受）第4の玉軸受は、上記第2の玉軸受に、上記第3の玉軸受で示した冠型保持器50を組み込んで構成される。この第4の玉軸受は、第2の玉軸受と同様に、保持器音の低減、低振動化、フレッチング損傷（磨耗）、低トルク化及び音響耐久性が改善されたものとなる。

【0072】上記の如く構成される第1～第4の玉軸受は、軸受単体で内部隙間を有するときに特に優れた低トルクや音響特性、耐フッチング性が得られる。玉軸受では、玉と内輪軌道及び外輪軌道とが接触する接触楕円の個々での半径差に起因する差動すべりや、アキシャル荷重が負荷されて接触角がある状態で生じるスピンすべりもトルク及び音響特性に影響する。このスピンすべりによるトルク増大は、軸受単体で内部隙間を有する玉軸受がアキシャル方向の予圧や外部からのアキシャル荷重を受けて回転時に接触角を有する状態で回転する場合には必然的に生ずる。即ち、本発明は、軸受単体に内部隙間を有し、少なくともアキシャル荷重が負荷されて接触角が $0^\circ$ 以外で使用される玉軸受に特に有効となる。

【0073】

【実施例】本発明を実施例及び比較例に基づいて、更に説明する。尚、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0074】（実施例1～11、比較例1～5）表1、表2及び表3に、実施例1～11、比較例1～5のグリース組成及び性状を示した。尚、リチウム石けんと基油の総量を950gとし、これに添加剤（カルボン酸、酸化防止剤、防錆剤、金属不活性剤等）50gを加えて総量1000gのグリース組成物としてある。また、基油の $40^\circ\text{C}$ における動粘度及び混和ちょう度を同表に併記した。調製方法は、各無極性潤滑油中にヒドロキシステアリン酸を溶解し、水酸化リチウムと反応させてリチウム石けんを生成し、これを $210^\circ\text{C}$ 以上に加温して各極性基含有潤滑油中に溶解した後、一旦 $200^\circ\text{C}$ で約60分保持し、その後 $140^\circ\text{C}$ まで $1^\circ\text{C}/\text{分}$ の速度で冷却し、次いで $140^\circ\text{C}$ 以下になった時点で $140^\circ\text{C}$ に加熱した追加基油（合成炭化水素油＋極性基含有潤滑油）を加え、3段ロールミルをかけてグリース組成物を得た。

【0075】そして、実施例1及び比較例5のグリース組成物をヘキサンに分散、希釈し、コロジオン膜を張った銅製メッシュに付着させ、透過型電子顕微鏡を用いて6000倍の倍率にて観察した。図9（A）に実施例1のグリース組成物、また図9（B）に比較例5のグリース組成物の顕微鏡写真を示すが、実施例1のグリース組成物には繊維長が $3\mu\text{m}$ 以上のリチウム石けんが含まれていることがわかる。

【0076】また、各グリース組成物を試験軸受に適用し、（1）軸受動トルク試験、（2）軸受保持器音測定、（3）フレッチング試験及び（4）軸受音響耐久試験に供した。尚、実施例1～11では、図2に示した球面部と曲面部とを備えた波形プレス保持器を使用し、比較例1～5では図20に示した従来の波形プレス保持器を用いた。

【0077】試験軸受において、内輪軌道及び外輪軌道の断面形状の曲率半径の玉の直径に対する割合（以下「溝R」という）は以下の通りである。

実施例1：内輪軌道の溝R＝51.75%、外輪軌道の溝R＝53.0%

実施例2：内輪軌道の溝R＝51.5%、外輪軌道の溝R＝52.5%

実施例3：内輪軌道の溝R＝52.5%、外輪軌道の溝R＝54.5%

実施例4：内輪軌道の溝R＝53.0%、外輪軌道の溝R＝55.0%

実施例5：内輪軌道の溝R＝56.0%、外輪軌道の溝R＝58.0%

実施例6：内輪軌道の溝R＝51.0%、外輪軌道の溝R＝51.0%

実施例7：内輪軌道の溝R＝59.0%、外輪軌道の溝R＝59.75%

実施例 8～11 (何れも同じ): 内輪軌道の溝  $R=51.5\%$ 、外輪軌道の溝  $R=53.0\%$

比較例 1～5 (何れも同じ): 内輪軌道の溝  $R=52.0\%$ 、外輪軌道の溝  $R=52.0\%$

#### 【0078】(1) 軸受動トルク試験

図 10 に示す測定装置 30 を用いて軸受動トルク測定を行った。この測定装置 30 において、試験軸受 31 は 2 個一組で、エアースピンドル 32 に連結する軸 33 に予圧用ウェーブワッシャ 34 を用いて装着される。また、試験軸受 31 は駆動スピンドル 32 とともに水平に置かれ、糸 35 を介して荷重交換機 36 が吊るされており、荷重交換機 36 の出力が X-Y レコーダ 37 により記録される。

【0079】試験は、試験軸受 31 として、上記した各波形プレス保持器を備えた内径  $\phi 15\text{mm}$ 、外径  $\phi 35\text{mm}$ 、幅  $11\text{mm}$  の非接触ゴムシール付き玉軸受を用い、これに実施例 1～11、比較例 1～5 の各グリース組成物を  $0.7\text{g}$  封入し、アキシャル荷重  $39.2\text{N}$  とし、 $1400\text{min}^{-1}$  で内輪回転させて動トルクを測定した。測定結果を前記表 1～表 3 中に動トルクとして示した。尚、表 1～表 3 において、×印は、従来エアコンファンモータ用に使用されているグリース組成物が封入された玉軸受の動トルクを  $100\%$  (基準値) とした時に、試験軸受 31 の動トルクが  $80\%$  以上であること、△印は基準値の  $60\%$  以上で  $80\%$  未満であること、○印は基準値の  $40\%$  以上で  $60\%$  未満であること、◎印は基準値の  $40\%$  未満であることをそれぞれ表わしている。軸受動トルク試験は、○印、即ち基準値の  $60\%$  未満の場合を合格とした。表 1～表 3 から、実施例 1～11 において、良好なトルク特性が得られることがわかる。

【0080】また、従来の内輪軌道の溝  $R=52.0\%$ 、外輪軌道の溝  $R=52.0\%$  の軸受を用いて、グリース組成物中の極性基含有潤滑油の配合比率、基油動粘度及び増ちょう剤の長繊維状物の配合割合について、軸受動トルク測定より検証した。

【0081】(1-1 極性基含有潤滑油の配合比率の検証) 実施例 2 に従ってポリオールエステル配合比率を変えてグリース組成物を調製し、上記軸受動トルク測定を行った。測定は、回転開始 5 分経過後に行った。結果を図 11 に示すが、ポリオールエステルを  $5\%$  以上、特に  $10\%$  以上配合することにより、極めて良好なトルク特性が得られることがわかる。

【0082】(1-2 基油動粘度の検証) 実施例 2 及び比較例 4 に従って基油動粘度を変えてグリース組成物を調製し、上記軸受動トルク測定を行った。測定は、回転開始 5 分経過後に行った。結果を図 12 に示すが、実施例 2 のグリース組成物を適用した試験軸受では、設定した基油の動粘度の全範囲 ( $25\sim 200\text{mm}^2/\text{s}$ 、 $40^\circ\text{C}$ ) において一様に軸受動トルクが低く、極めて良好なトルク特性が得られることがわかる。特に、動粘度  $50$

$\text{mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ ) において、実施例 2 と比較例 4 との差が顕著に表れている。

【0083】(1-3 増ちょう剤における長繊維状物の配合割合の検証) 実施例 2 に従ってリチウム石けんの長繊維状物の配合割合を変えてグリース組成物を調製し、上記軸受動トルク測定を行った。測定は、回転開始 5 分経過後に行った。結果を図 13 に示すが、長繊維状物の配合割合として、 $30\%$  以上であれば軸受トルクを低く抑えることができることがわかる。

【0084】(1-4 内輪軌道の断面形状の曲率半径の有効性の検証) 外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の  $53.0\%$  と一定で、内輪軌道の断面形状の曲率半径をそれぞれ調整した試験軸受に、実施例 2 のグリース組成物を封入し、上記軸受動トルク測定を行った。測定は、回転開始 5 分経過後に行った。結果を図 14 に示すが、内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の  $51.0\%$  以上であれば、軸受動トルクを低く抑えられることがわかる。特に好ましくは、トルク比率が  $40\%$  未満となっている、 $51.5\%$  以上  $58.0\%$  以下であるといえる。

【0085】尚、内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の  $50.5\%$  のとき、トルク比率が「○」の基準値である  $60\%$  より若干小さくなっている。これは、このときの外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の  $53.0\%$  であり、内輪軌道の断面形状の曲率半径と外輪軌道の断面形状の曲率半径との組み合わせで、動トルクが小さく抑えられたことによる。即ち、内輪軌道の断面形状の曲率半径及び外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の  $51.0\%$  以上  $60\%$  未満の範囲外でも、内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の  $50.5\%$  以上で、かつ外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の  $53.0\%$  以上の場合には、低トルク特性が得られる。軸受トルクは、内輪と玉及び外輪と玉の接触面積や、接触時のすべりが影響する。通常は、内輪軌道の断面形状の曲率半径及び外輪軌道の断面形状の曲率半径が小さいほど玉との接触面積が大きく、トルクが大きくなる傾向にあり、本発明によれば、内輪軌道の断面形状の曲率半径及び外輪軌道の断面形状の曲率半径を規定することにより、結果としてトルクを小さくすることができる。

#### 【0086】(2) 軸受保持器音測定

試験は、試験軸受 31 として、上記の各波形プレス保持器を備えた内径  $\phi 15\text{mm}$ 、外径  $\phi 35\text{mm}$ 、幅  $11\text{mm}$  の非接触ゴムシール付き玉軸受を用い、これに実施例 1～11、比較例 1～5 の各グリース組成物を  $0.7\text{g}$  封入し、アキシャル荷重  $39.2\text{N}$  とし、 $1800\text{min}^{-1}$  で内輪回転させ、周波数分析器を用いて  $0^\circ\text{C}$  及び  $+20^\circ\text{C}$  における保持器音を測定した。測定結果を表 1～表 3 中に保持器音として示した。尚、表 1～表 3 において、○印は保持器音の発生なし、△印は保持器音ややあり、×印は保持器音が大きいことをそれぞれ表わしている。

表1～表3から、実施例1～11では保持器音が発生しないことがわかる。

#### 【0087】(3) フレッチング試験

図15に示す測定装置40を用いて、フレッチング試験を行った。この測定装置40において、試験軸受41は外輪ハウジング42および軸43を介して装着されている。加振器44を用い、繰り返し周波数50Hzで変動荷重を試験軸受41に作用させた。試験は、試験軸受41として、鉄保持器を備えた内径φ15mm、外径φ35mm、幅11mm、内部隙間11～25μmの非接触ゴムシール付き玉軸受を用い、これに実施例1～11、比較例1～5の各グリース組成物を0.7g封入し、アキシャル荷重で20～1500Nまで変動させ、5×10<sup>3</sup>回繰り返しフレッチング試験を行った。試験後の試験軸受41を下記の評価基準により軸受の音響特性を調べた。

【0088】軸受の音響特性は、アンデロンメータを用いて行い、各グリース組成物を封入した直後の軸受アンデロン値と、5×10<sup>3</sup>回のフレッチング試験後の軸受のアンデロン値とを比較してアンデロン値の上昇値を基準として音響特性の判定を行った。尚、フレッチング試験後の試験軸受を分解し、軸受軌道面の摩耗損傷状態を観察してみると、摩耗痕が深くはっきり観察できる軸受は、音響特性の低下（アンデロン上昇値が大）が大きく、一方摩耗痕がほとんど確認できない軸受は、音響特性の低下（アンデロン上昇値がなし）がなく、軸受軌道面の摩耗損傷状態と、音響特性は相関性があることを確認している。

【0089】判定結果を表1～表3中にフレッチング（音響特性）として示した。表1～表3において、×印は、従来エアコンファンモータ用に使用されているグリース組成物が封入された試験軸受の音響特性（アンデロン上昇値）を100%（基準値）とした時に、試験軸受41の音響特性が75%以上であること、△印は基準値の50%以上で75%未満であること、○印は基準値の

25%以上で50%未満であること、◎印は25%未満であることをそれぞれ表わしている。フレッチング試験は、○印、即ち基準値の50%未満の場合を合格とした。表1～表3から、実施例1～11のグリース組成物を封入した軸受において、フレッチング特性が優れていることがわかる。

#### 【0090】(4) 軸受音響耐久試験

図16に示すモータ実機耐久試験機を用いて、軸受音響耐久試験を行った。このモータ実機耐久試験機は、ハウジング20内に入れた2個一対の試験軸受21を、コイル22を介してDC電源23の動力にて回転させるものである。試験軸受21として、上記の各波形プレス保持器を備えた内径φ15mm、外径φ35mm、幅11mmの非接触金属シール付き玉軸受を用いた。これに実施例1～11、比較例1～5の各グリース組成物を0.7g封入した。試験軸受21は、各グリース組成物毎に8個ずつ用意し、上記モータ実機耐久試験機に装着（アキシャル荷重約39.2N）した。そして、モータ実機耐久試験機を120℃に調整された恒温槽中に収納し、3000min<sup>-1</sup>及び5600min<sup>-1</sup>で、1000時間内輪回転させた。1000時間後に試験軸受21を取り出し、下記評価基準により軸受の音響特性を調べた。

【0091】軸受の音響測定は、アンデロンメータを用いて行い、各グリース組成物を封入した直後の軸受アンデロン値と、1000時間内輪回転後の軸受アンデロン値とを比較して音響特性の判定を行った。判定結果を、表1～表3に音響特性として示した。表1～表3において、○印は音響特性の低下なし、△印は音響特性の低下ややあり、×印は音響特性の低下ありをそれぞれ表わしている。表1～表3から、実施例7においては音響特性の低下がややあるものの、各実施例とも満足できる音響特性が得られることがわかる。

#### 【0092】

【表1】

表1

組成・性状		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
増ちょう剤・リチウム石けん (g)		100	120	100	120	80	90	110
基油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 (g)	340	498	637	498	348	647	318
	鉱油 (g)							
	ポリオールエステル油 (g)	510	332	213	166	330	213	330
	アルキルジフェニルエーテル油 (g)				166	192		192
添加剤	アルケニルこはく酸エステル油 (g)	25	25	15			5	
	アルキルこはく酸エーテル油 (g)				20		5	
	その他のカルボン酸 (g)							
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤 (g)	25	25	35	30	50	40	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		170	100	50	150	200	50	200
混和ちよう度		280	270	290	270	280	285	285
繊維構造		長繊維状物含有 30%以上						
動トルク		◎	◎	◎	◎	○	◎	○
保持器音	+20℃	○	○	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎~○	◎	◎	○	◎
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	△
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	△

[0093]

\* \* [表2]

表2

組成・性状		実施例8	実施例9	実施例10	実施例11
増ちょう剤・リチウム石けん (g)		120	120	120	120
基油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 (g)	498	498	498	498
	鉱油 (g)				
	ポリオールエステル油 (g)	332	332	332	332
	アルキルジフェニルエーテル油 (g)				
添加剤	アルケニルこはく酸エステル油 (g)		5	10	
	アルキルこはく酸エーテル油 (g)		5		10
	その他のカルボン酸 (g)	25	5	10	10
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤 (g)	25	35	30	30
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		100	100	100	100
混和ちよう度		260	270	270	260
繊維構造		長繊維状物含有 30%以上			
動トルク		◎	◎	◎	◎
保持器音	+20℃	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎	◎
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○

[0094]

[表3]

表3

組成・性状		比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5
増ちょう剤・リチウム石けん (g)		120	130	100	120	120
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 (g)		410		830	
	鉱 油 (g)			850		
	ポリオールエステル油 (g)	830	410			830
	アルキルジフェニルエーテル油 (g)					
	アルケニルこはく酸エステル油 (g)					
添加剤	アルキルこはく酸エーテル油 (g)					
	その他のカルボン酸 (g)					
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤 (g)	50	50	50	50	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40°C		25	55	130	100	117
混和ちよう度		250	245	270	277	276
繊維構造		短繊維状物 のみ	短繊維状物 のみ	長繊維状物 含有 30%以上	長繊維状物 含有 30%以上	短繊維状物 のみ
動トルク		◎	○	△	○～△	×
保持器音	+20°C	○	○	○	△	△
	0°C	○	△	△	△	×
フレッチング(音響特性)		×	×	△	△	△
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	△	×	×	△	×
	5600 min <sup>-1</sup>	△	△	△	○	△

【0095】(実施例12、比較例6～7、参考例1)本発明の波形プレス保持器の優位性を検証するために、実施例12及び参考例1では図2に示した球面部及び曲面部を備えた波形プレス保持器、比較例6及び比較例7では図20に示した従来の波形プレス保持器を用い、表4に示すグリース組成物を適用して上記と同様の(1)軸受動トルク試験、(2)軸受保持器音測定及び(3)軸受音響耐久試験を行った。尚、(3)軸受音響耐久試験\*

\*については3000時間回転し、1000時間回転後と3000時間回転後に音響測定を行った。(2)軸受保持器音測定及び(3)軸受音響耐久試験の結果を表4に併記する。また、(1)軸受動トルク試験の結果については、図17に回転時間に対するトルク変化を示した。

【0096】

【表4】

表4

組成・性状		参考例 1		比較例 6		実施例 12		比較例 7	
増ちょう剤・リチウム石けん (g)		120		120		110		110	
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 (g)								
	鉱 油 (g)								
	ポリオールエステル油 (g)	830		830		420		420	
	アルキルジフェニルエーテル油 (g)					420		420	
	アルケニルこはく酸エステル油 (g)								
添加剤	アルケニルこはく酸エーテル油 (g)								
	その他のカルボン酸 (g)								
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤 (g)	50		50		50		50	
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40°C		120		120		50		50	
混和ちよう度		260		260		235		235	
繊維構造		短繊維状物 のみ		短繊維状物 のみ		長繊維状物 含有 30%以上		長繊維状物 含有 30%以上	
保持器音	+20°C	○		△		○		○	
	0°C	△		×		○		○	
音響特性	試験時間 h	1000	3000	1000	3000	1000	3000	1000	3000
	300 min <sup>-1</sup>	△	△	×	—	○	△	△	×
	5600 min <sup>-1</sup>	○	△	△	×	○	○	△	×

【0097】表4及び図17から、同一のグリース組成物を適用しても、本発明に従う球面部及び曲面部を有する

波形プレス保持器を組み込んだ玉軸受では、軸受トルク、保持器音及び音響寿命が改善されることがわかる。特に、混合油に長繊維状物を含む金属石けんを配合したグリース組成物を組み合わせた実施例12では最も優れた結果が得られている。尚、表4及び図17は、波形プレス保持器を用いた第1の玉軸受及び第2の玉軸受の結果であるが、冠型保持器を用いた第3の玉軸受及び第4の玉軸受についても同様の結果が得られる。

【0098】（実施例13～28、比較例8～12）実施例1～11及び比較例1～5に順じ、表5～表8に示す配合にてグリース組成物を調製した。尚、用いたポリ $\alpha$ オレフィン油Aの動粘度は33mm<sup>2</sup>/s（40℃）、ポリ $\alpha$ オレフィン油Bの動粘度は60mm<sup>2</sup>/s（40℃）、ポリ $\alpha$ オレフィン油Cの動粘度は100mm<sup>2</sup>/s（40℃）、鉱油の動粘度は130mm<sup>2</sup>/s（40℃）、ジエステル油の動粘度は12mm<sup>2</sup>/s（40℃）、ポリオールエステル油Aの動粘度は760mm<sup>2</sup>/s（100℃）、ポリオールエステル油Bの動粘度は33mm<sup>2</sup>/s（40℃）、ポリオールエステル油Cの動粘度は200mm<sup>2</sup>/s（40℃）、アルキルジフェニルエーテル油Aの動粘度は100mm<sup>2</sup>/s（40℃）、アルキルジフェニルエーテル油Bの動粘度は67mm<sup>2</sup>/s（40℃）である。また、基油（極性基含有潤滑油と無極性潤滑油との混合油）の動粘度（40℃）及び混和ちよう度を同表に併記した。

【0099】そして、各グリース組成物を用いて上記の（1）軸受動トルク試験、（2）軸受保持器音測定、（3）フレッチング試験及び（4）軸受音響耐久試験を＊

＊行った。それぞれの結果を、同様の判定基準により表5～表8に示した。尚、使用した試験軸受の内輪軌道の溝R及び外輪軌道の溝Rは以下の通りである。

実施例13：内輪軌道の溝R＝51.75％、外輪軌道の溝R＝53.0％

実施例14：内輪軌道の溝R＝51.5％、外輪軌道の溝R＝52.5％

実施例15：内輪軌道の溝R＝52.5％、外輪軌道の溝R＝54.5％

10 実施例16：内輪軌道の溝R＝53.0％、外輪軌道の溝R＝55.0％

実施例17：内輪軌道の溝R＝56.0％、外輪軌道の溝R＝58.0％

実施例18：内輪軌道の溝R＝50.5％、外輪軌道の溝R＝53.0％

実施例19：内輪軌道の溝R＝59.0％、外輪軌道の溝R＝59.75％

実施例20～23（何れも同じ）：内輪軌道の溝R＝51.0％、外輪軌道の溝R＝53.0％

20 実施例24～28（何れも同じ）：内輪軌道の溝R＝51.75％、外輪軌道の溝R＝53.0％

比較例8～12（何れも同じ）：内輪軌道の溝R＝52.0％、外輪軌道の溝R＝52.0％

【0100】表5～表8に示すように、各実施例は何れも比較例に比べて優れた結果が得られている。

【0101】

【表5】

組成・性状		実施例 13	実施例 14	実施例 15	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19
増ちょう剤・リチウム石けん	ポリ $\alpha$ オレフィン油 A (g)	100	120	100	120	80	90	110
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 B (g)						30	
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 C (g)	340	498	636	498	348	617	318
	鉱油 (g)							
	ジエステル油 (g)							
	ポリオールエステル油 A (g)	170	42	43	124	235	43	230
	ポリオールエステル油 B (g)			171			170	
	ポリオールエステル油 C (g)	340	290		42	95		100
	アルキルジフェニルエーテル油 A (g)							
	アルキルジフェニルエーテル油 B (g)				168	192		192
	アルケニルこはく酸エステル油 (g)	25	25	15			5	
	アルケニルこはく酸エーテル油 (g)				20		5	
添加剤	その他のカルボン酸 (g)							
	酸化防止剤、防錆剤、金属不活性化剤 (g)	25	25	35	30	50	40	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		170	100	50	150	200	50	200
混和ちよう度		280	270	290	270	280	285	285
繊維構造		長繊維状物含有・30%以上						
動トルク		◎	◎	◎	◎	◎	○	○
保持器音	+20℃	○	○	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎～○	◎	◎	○	◎
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	△
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	△



【0102】

\* \* 【表6】

表6

組成・性状		実施例 20	実施例 21	実施例 22	実施例 23	実施例 24	実施例 25	実施例 26
増ちょう剤・リチウム石けん		(g) 120	120	120	120	80	100	115
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 A	(g)						
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 B	(g) 498	498	498	498	260	340	260
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 C	(g)						
	鉱 油	(g)						
	ジエステル油	(g)						125
	ポリオールエステル油 A	(g) 42	42	42	42	132	43	50
	ポリオールエステル油 B	(g)				218	340	400
	ポリオールエステル油 C	(g) 290	290	290	290	260	127	
	アルキルジフェニルエーテル油 A	(g)						
添加剤	アルキルジフェニルエーテル油 B	(g)						
	アルケニルこはく酸エステル油	(g)	5	10			25	15
	アルキルこはく酸エーテル油	(g)	5		10			
	その他のカルボン酸	(g) 25	5	10	10			
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤	(g) 25	35	30	30	50	25	35
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		100	100	100	100	115	60	60
混和ちよう度		260	270	270	280	300	285	270
繊維構造		長繊維状物含有 30%以上						
動トルク		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
保持器音	+20℃	○	○	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎	◎	◎	○	○
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	○
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	○

【0103】

\* \* 【表7】

表7

組成・性状		実施例 27	実施例 28
増ちょう剤・リチウム石けん		(g) 130	80
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 A	(g) 620	
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 B	(g)	348
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 C	(g)	
	鉱 油	(g)	
	ジエステル油	(g)	
	ポリオールエステル油 A	(g) 42	235
	ポリオールエステル油 B	(g)	
	ポリオールエステル油 C	(g) 158	95
	アルキルジフェニルエーテル油 A	(g)	
添加剤	アルキルジフェニルエーテル油 B	(g)	192
	アルケニルこはく酸エステル油	(g)	
	アルキルこはく酸エーテル油	(g) 20	
	その他のカルボン酸	(g)	
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤	(g) 30	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		80	130
混和ちよう度		250	290
繊維構造		長繊維状物含有 30%以上	
動トルク		◎	◎
保持器音	+20℃	○	○
	0℃	○	○
フレッチング(音響特性)		○	◎
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○

【0104】

【表8】

表8

組成・性状		比較例 8	比較例 9	比較例 10	比較例 11	比較例 12
増ちょう剤・リチウム石けん (g)		120	130	100	120	120
基油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 A (g)					
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 B (g)		410			
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 C (g)				830	
	鉱油 (g)			850		
	ジエステル油 (g)	750	410			
	ポリオールエステル油 C (g)					290
	ポリオールエステル油 D (g)					540
	ポリオールエステル油 E (g)	80				
	アルキルジフェニルエーテル油 A (g)					
	アルキルジフェニルエーテル油 B (g)					
添加剤	アルケニルこはく酸エステル油 (g)					
	アルキルこはく酸エーテル油 (g)					
	その他のカルボン酸 (g)					
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤 (g)	50	50	50	50	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40°C		25	55	130	100	117
混和ちよう度		250	245	270	277	278
繊維構造		短繊維状物 のみ	短繊維状物 のみ	長繊維状物 含有 30%以上	長繊維状物 含有 30%以上	短繊維状物 のみ
動トルク		◎	◎	×	○～△	×
保持器音	+20°C	○	○	○	△	△
	0°C	○	△	△	△	×
フレッチング(音響特性)		×	×	△	△	△
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	△	×	×	△	×
	5800 min <sup>-1</sup>	△	△	△	○	△

【0105】また、実施例13～実施例28の中で、動トルクが「◎」で、かつ音響特性が「○」のものを選択し、玉の直径に対する内輪軌道の断面形状の曲率半径及び外輪軌道の断面形状の曲率半径の下限值及び上限値を求めると、内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の51.0%以上56.0%以下で、外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の52.5%以上58.0%以下となる。尚、内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の50.5%以上56.0%以下で、外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の53.0%以上58.0%以下のときに同等の結果が得られている。

【0106】以上の実施例及び比較例を踏まえ、本発明において好ましい内輪軌道の断面形状の曲率半径及び外輪軌道の断面形状の曲率半径と玉の直径との寸法関係を図18にまとめて図示する。図中、領域①は本願発明の範囲を示し、領域②はより望ましい範囲、領域③は更に望ましい範囲、領域④は最も望ましい範囲をそれぞれ示しており、低トルク、音響特性、耐フレッチング性は、領域①<領域②<領域③<領域④の順で良好となる。また、直線Yは、内輪軌道の断面形状の曲率半径と外輪軌道の断面形状の曲率半径とが同一の点を結んだものであるが、この直線Yの上側、即ち内輪軌道の断面形状の曲率半径よりも外輪軌道の断面形状の曲率半径が大きい範囲では、内輪と玉及び外輪と玉の接触面積及び面圧の差が小さくなり、トルク低減及び音響特性がより良好となる。

【0107】(実施例29～52、比較例13～16) 実施例1～11及び比較例1～5に順じ、表9～表13に示す配合にてグリース組成物を調製した。尚、用いた

ポリ $\alpha$ オレフィン油Aの動粘度は33mm<sup>2</sup>/s(40°C)、ポリ $\alpha$ オレフィン油Bの動粘度は60mm<sup>2</sup>/s(40°C)、ポリ $\alpha$ オレフィン油Cの動粘度は100mm<sup>2</sup>/s(40°C)、鉱油の動粘度は130mm<sup>2</sup>/s(40°C)、ジエステル油の動粘度は12mm<sup>2</sup>/s(40°C)、ポリオールエステル油Aの動粘度は760mm<sup>2</sup>/s(100°C)、ポリオールエステル油Bの動粘度は33mm<sup>2</sup>/s(40°C)、ポリオールエステル油Cの動粘度は200mm<sup>2</sup>/s(40°C)、アルキルジフェニルエーテル油Aの動粘度は100mm<sup>2</sup>/s(40°C)、アルキルジフェニルエーテル油Bの動粘度は67mm<sup>2</sup>/s(40°C)である。また、基油(極性基含有潤滑油と無極性潤滑油との混合油)の動粘度(40°C)及び混和ちよう度を同表に併記した。

【0108】そして、各グリース組成物を用いて上記の(1)軸受動トルク試験、(2)軸受保持器音測定、(3)フレッチング試験及び(4)軸受音響耐久試験を行った。それぞれの結果を、同様の判定基準により表9～表13に示した。尚、使用した試験軸受の内輪軌道の溝R及び外輪軌道の溝Rは以下の通りである。

実施例29：内輪軌道の溝R=51.75%、外輪軌道の溝R=53.0%

実施例30：内輪軌道の溝R=51.5%、外輪軌道の溝R=52.5%

実施例31：内輪軌道の溝R=52.5%、外輪軌道の溝R=54.5%

実施例32：内輪軌道の溝R=53.0%、外輪軌道の溝R=55.0%

実施例33：内輪軌道の溝R=56.0%、外輪軌道の

溝R = 58.0%

比較例13:内輪軌道の溝R = 51.0%、外輪軌道の溝R = 53.0%

比較例14:内輪軌道の溝R = 59.0%、外輪軌道の溝R = 59.75%

実施例34~37(何れも同じ):内輪軌道の溝R = 51.5%、外輪軌道の溝R = 53.0%

実施例38:内輪軌道の溝R = 51.75%、外輪軌道の溝R = 53.0%

実施例39:内輪軌道の溝R = 51.5%、外輪軌道の溝R = 52.5%

実施例40:内輪軌道の溝R = 52.5%、外輪軌道の溝R = 54.5%

実施例41:内輪軌道の溝R = 53.0%、外輪軌道の溝R = 55.0%

実施例42:内輪軌道の溝R = 56.0%、外輪軌道の溝R = 58.0%

比較例15:内輪軌道の溝R = 51.0%、外輪軌道の溝R = 53.0%

比較例16:内輪軌道の溝R = 59.0%、外輪軌道の溝R = 59.75%

実施例43~51(何れも同じ):内輪軌道の溝R = 5 \*

表9

組成・性状		実施例 29	実施例 30	実施例 31	実施例 32	実施例 33	比較例 13	比較例 14
増ちょう剤・リチウム石けん (g)		100	120	100	120	80	90	110
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 (g)	340	498	637	498	348	647	318
	鉱 油 (g)							
	ポリオールエステル油 (g)	510	332	213	166	330	213	330
	アルキルジフェニルエーテル油 (g)				186	192		192
添加剤	アルケニルこはく酸エステル油 (g)	25	25	15			5	
	アルキルこはく酸エーテル油 (g)				20		5	
	その他のカルボン酸 (g)							
	酸化防止剤、防錆剤、金属不活性化剤 (g)	25	25	35	30	50	40	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		70	100	50	120	150	150	50
混和ちよう度		280	270	290	270	280	285	285
繊維構造		従来の製法、(意識的には長繊維を作らないようにした。短繊維のみ)						
動トルク		◎	◎~○	◎	○	○	×	○
保持器音	+20℃	○	○	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎~○	◎	◎	○	◎
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	△
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	×

【0111】

【表10】

\* 1.5%、外輪軌道の溝R = 53.0%

実施例52:内輪軌道の溝R = 52.5%、外輪軌道の溝R = 53.0%

【0109】表9~表13に示すように、各実施例は何れも比較例に比べて優れた結果が得られている。また、実施例29~52において、基油の動粘度が25mm<sup>2</sup>/s(40℃)~150mm<sup>2</sup>/s(40℃)の範囲

で、玉の直径に対する内輪軌道の断面形状の曲率半径及び外輪軌道の断面形状の曲率半径の下限値及び上限値を求めると、内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の51.5%以上56.0%以下で、外輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の52.5%以上58.0%以下のときに優れた結果が得られている。このような曲率半径の比率の範囲を、図18に倣い図19に図示する。

尚、実施例52において、基油の動粘度が25mm<sup>2</sup>/s(40℃)と低いにもかかわらずフレッチング特性(音響特性)が良好になっているが、これは内輪軌道の断面形状の曲率半径が玉の直径の52.5%となるように溝Rを大きく設定したことによる。

【0110】

【表9】

表10

組成・性状		実施例 34	実施例 35	実施例 36	実施例 37
増ちょう剤・リチウム石けん		(g) 120	120	120	120
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油	(g) 498	498	498	498
	鉱 油	(g)			
	ポリオールエステル油	(g) 332	332	332	332
	アルキルジフェニルエーテル油	(g)			
添加剤	アルケニルこはく酸エステル油	(g)	5	10	
	アルキルこはく酸エーテル油	(g)	5		10
	その他のカルボン酸	(g) 25	5	10	10
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤	(g) 25	35	30	30
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		100	100	100	100
混和ちよう度		280	270	270	260
繊維構造		従来の製法、(意図的には長繊維を作らないようにした。短繊維のみ)			
動トルク		◎～○	◎～○	◎～○	◎～○
保持器音	+20℃	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎	◎
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○

【0112】

\* \* 【表11】

表11

組成・性状		実施例 38	実施例 39	実施例 40	実施例 41	実施例 42	比較例 15	比較例 16
増ちょう剤・リチウム石けん		(g) 100	120	100	120	80	90	110
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 A	(g)					617	
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 B	(g) 340	498	636	498	348	30	318
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 C	(g)						
	鉱 油	(g)						
	ジエステル油	(g)						
	ポリオールエステル油 A	(g) 170	42	43	124	235	43	230
	ポリオールエステル油 B	(g)		171			170	
	ポリオールエステル油 C	(g) 340	290		42	95		100
添加剤	アルキルジフェニルエーテル油 A	(g)						
	アルキルジフェニルエーテル油 B	(g)			166	192		192
	アルケニルこはく酸エステル油	(g) 25	25	15			5	
	アルキルこはく酸エーテル油	(g)			20		5	
	その他のカルボン酸	(g)						
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤	(g) 25	25	35	30	50	40	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40℃		170	100	50	150	175	40	200
混和ちよう度		280	270	290	270	280	285	285
繊維構造		従来の製法、(意図的には長繊維を作らないようにした。短繊維のみ)						
動トルク		○	◎～○	◎	○	○	○	×
保持器音	+20℃	○	○	○	○	○	○	○
	0℃	○	○	○	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎～○	◎	◎	○	◎
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	△	△
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	×	△

【0113】

【表12】

表12

組成・性状		実施例 43	実施例 44	実施例 45	実施例 46	実施例 47	実施例 48	実施例 49
増ちょう剤・リチウム石けん		(g) 120	120	120	120	80	100	115
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 A	(g)						
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 B	(g) 498	498	498	498	260	340	260
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 C	(g)						
	鉱 油	(g)						
	ジエステル油	(g)						125
	ポリオールエステル油 A	(g) 42	42	42	42	132	43	50
	ポリオールエステル油 B	(g)				218	340	400
	ポリオールエステル油 C	(g) 290	290	290	290	260	127	
	アルキルジフェニルエーテル油 A	(g)						
	アルキルジフェニルエーテル油 B	(g)						
添加剤	アルケニルこはく酸エステル油	(g)	5	10			25	15
	アルキルこはく酸エーテル油	(g)	5		10			
	その他のカルボン酸	(g) 25	5	10	10			
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤	(g) 25	35	30	30	50	25	35
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40°C		100	100	100	100	115	60	60
混和ちよう度		260	270	270	260	300	285	270
繊維構造		従来の製法、(意図的には長繊維を作らないようにした。短繊維のみ)						
動トルク		◎～○	◎～○	◎～○	◎～○	○	◎	◎
保持器音	+20°C	○	○	○	○	○	○	○
	0°C	○	○	○	○	○	○	○
フレッチング(音響特性)		◎	◎	◎	◎	◎	○	○
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	○
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○	○	○	○	○

【0114】

\* \* 【表13】

表13

組成・性状		実施例 50	実施例 51	実施例 52
増ちょう剤・リチウム石けん		(g) 130	80	120
基 油	ポリ $\alpha$ オレフィン油 A	(g) 620		
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 B	(g)	348	
	ポリ $\alpha$ オレフィン油 C	(g)		
	鉱 油	(g)		
	ジエステル油	(g)		665
	ポリオールエステル油 A	(g) 42	235	
	ポリオールエステル油 B	(g)		165
	ポリオールエステル油 C	(g) 158	95	
	アルキルジフェニルエーテル油 A	(g)		
	アルキルジフェニルエーテル油 B	(g)	192	
添加剤	アルケニルこはく酸エステル油	(g)		
	アルキルこはく酸エーテル油	(g) 20		
	その他のカルボン酸	(g)		
	酸化防止剤、防錆剤、 金属不活性化剤	(g) 30	50	50
基油動粘度 mm <sup>2</sup> /s 40°C		80	130	25
混和ちよう度		250	280	265
繊維構造		従来の製法、(意図的には長繊維を作らないようにした。短繊維のみ)		
動トルク		◎	○	◎
保持器音	+20°C	○	○	○
	0°C	○	○	○
フレッチング(音響特性)		○	◎	○
音響特性	300 min <sup>-1</sup>	○	○	○
	5600 min <sup>-1</sup>	○	○	○

【0115】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、保持器音の低減、低振動化、フレッチング損傷（磨耗）、低トルク化及び音響耐久性の改善を図った玉軸受が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の玉軸受の一例を示す、部分切断斜視図である。

【図2】本発明の玉軸受に組み込む保持器の一例を示す断面図である。

【図3】図2のDD断面図である。

【図4】本発明の玉軸受に組み込む保持器の他の例を示す断面図である。

【図5】本発明に係る第3及び第4の玉軸受に組み込まれる冠型保持器を示す斜視図である。

【図6】図5に示した冠型保持器のポケット形状を説明するための部分拡大図である。

【図7】図6に示した冠型保持器に玉が収容された状態を示す部分拡大図である。

【図8】図5に示した冠型保持器のポケット形状の他の例を説明するための部分拡大図である。

【図9】(A)実施例1で得られたグリース組成物及び(B)比較例5で得られたグリース組成物の電子顕微鏡写真である。

【図10】実施例において、軸受トルク試験を行うために使用した測定装置を示す構成概略図である。

【図11】実施例で得られた、極性基含有潤滑油の配合比率と軸受トルクとの関係を示すグラフである。

【図12】実施例で得られた、基油動粘度と軸受トルクとの関係を示すグラフである。

【図13】実施例で得られた、増ちょう剤の長繊維状物の配合割合と軸受トルクとの関係を示すグラフである。

【図14】実施例で得られた、内輪軌道の断面形状の曲率半径とトルク比率との関係を示すグラフである。

【図15】実施例において、フレッチング試験を行うために使用した測定装置を示す構成概略図である。

【図16】実施例において、軸受音響耐久試験を行うために使用した測定装置を示す構成概略図である。

【図17】実施例で得られた、保持器のポケット内周面の形状の違いによる軸受トルクの経時変化を示すグラフである。

【図18】実施例で得られた、第1の玉軸受における内輪軌道の断面形状の曲率半径の玉直径に対する比率と外輪軌道の断面形状の曲率半径の玉直径に対する比率との関係を示すグラフである。

【図19】実施例で得られた、第2の玉軸受における内輪軌道の断面形状の曲率半径の玉直径に対する比率と外輪軌道の断面形状の曲率半径の玉直径に対する比率との関係を示すグラフである。

\*

\*【図20】従来の保持器の一例を示す部分拡大斜視図である。

【図21】図20のEE断面図である。

【図22】図21の上半分に相当する図である。

【図23】図22のGG断面図である。

【図24】図23のHH断面図であり、玉に対して保持器が内径側に変位した状態を示す図である。

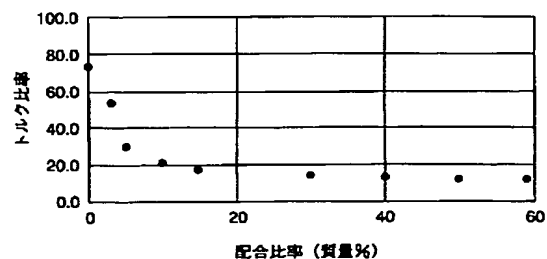
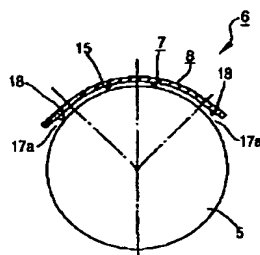
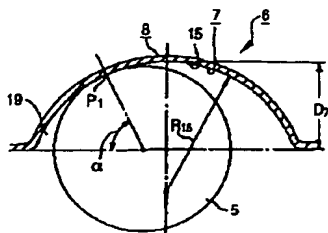
【符号の説明】

- 1 内輪軌道
- 2 内輪
- 3 外輪軌道
- 4 外輪
- 5 玉
- 6 保持器
- 7 ポケット
- 8 素子
- 9 凹部
- 15 球面部
- 18 曲面部
- 20 ハウジング
- 21 試験軸受
- 22 コイル
- 23 DC電源
- 30 トルク試験用測定装置
- 31 試験軸受
- 32 駆動スピンドル
- 33 軸
- 34 予圧用ウェーブワッシャ
- 35 糸
- 36 荷重変換器
- 37 X-Yレコーダ
- 40 フレッチング試験装置
- 41 試験軸受
- 42 外輪ハウジング
- 43 軸
- 44加振器
- 50 冠型保持器
- 52 ポケット面
- 58 ポケット

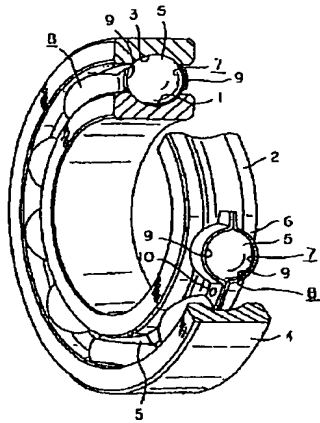
【図3】

【図4】

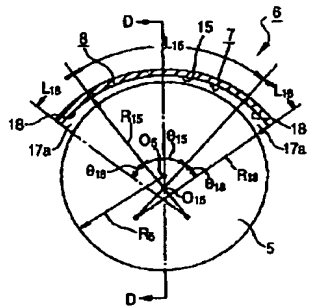
【図11】



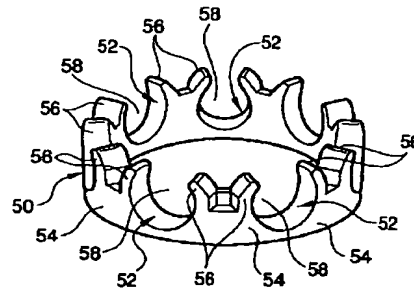
【図1】



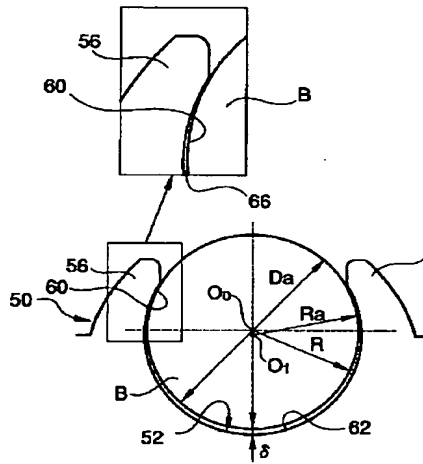
【図2】



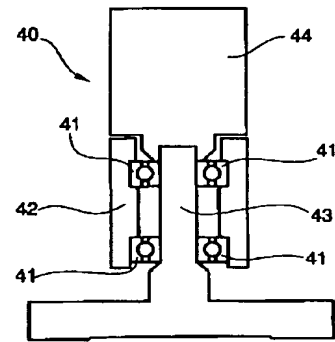
【図5】



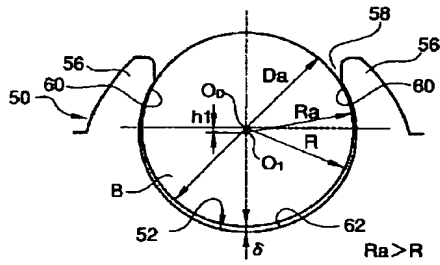
【図7】



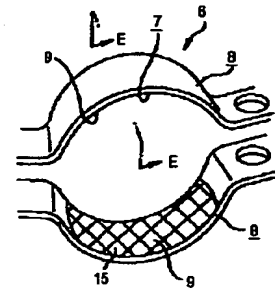
【図15】



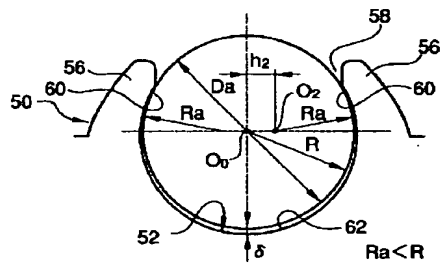
【図6】



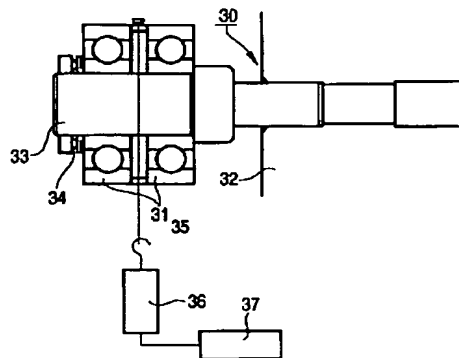
【図20】



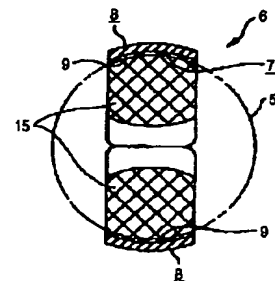
【図8】



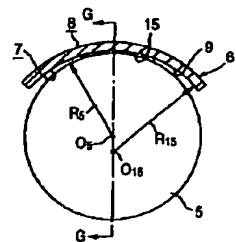
【図10】



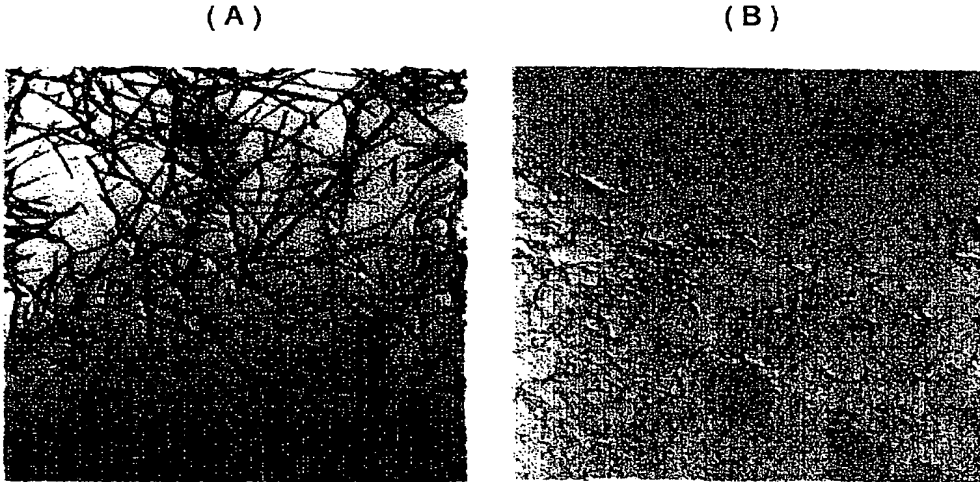
【図21】



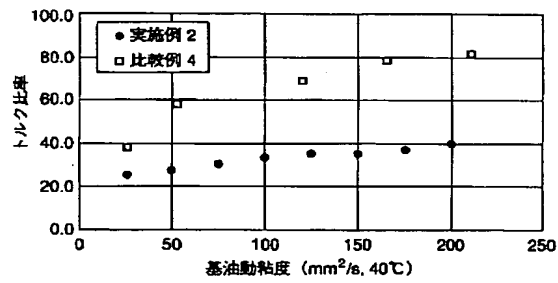
【図22】



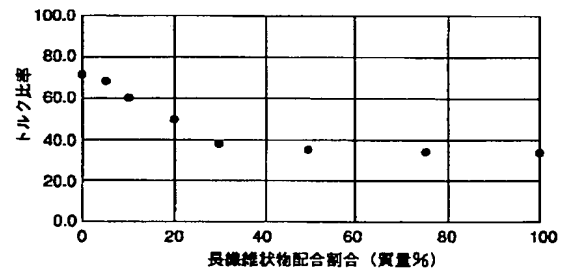
【図9】



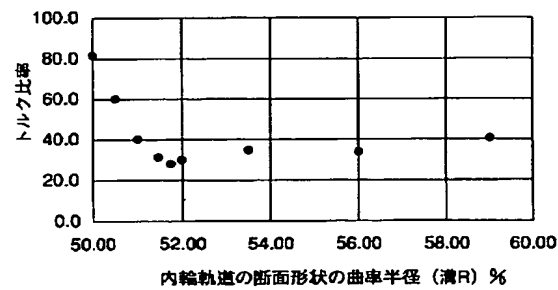
【図12】



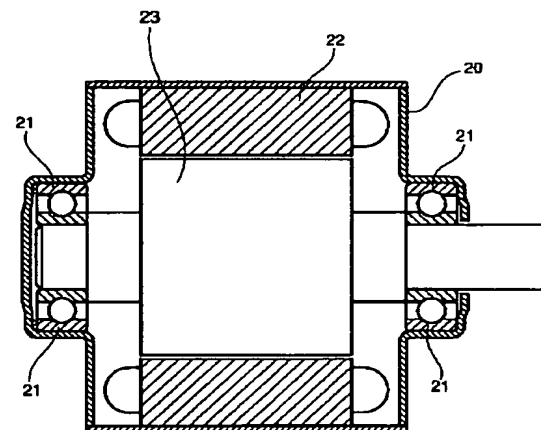
【図13】



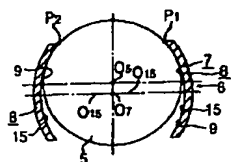
【図14】



【図16】

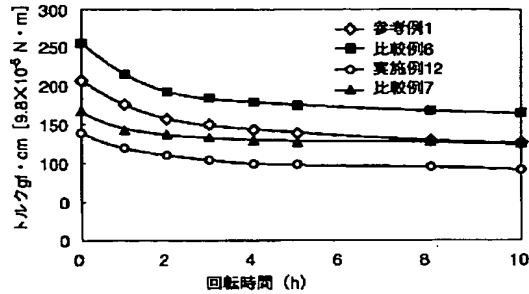


【図24】

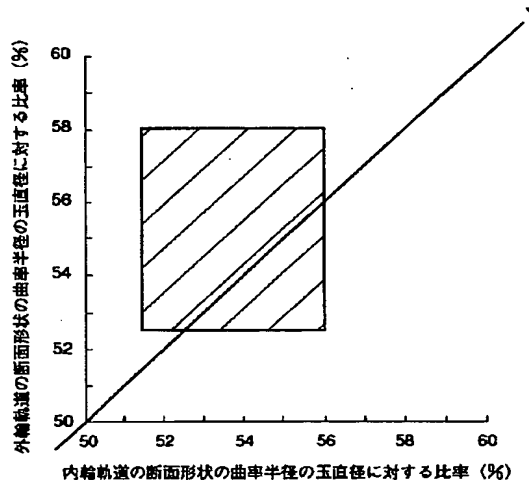




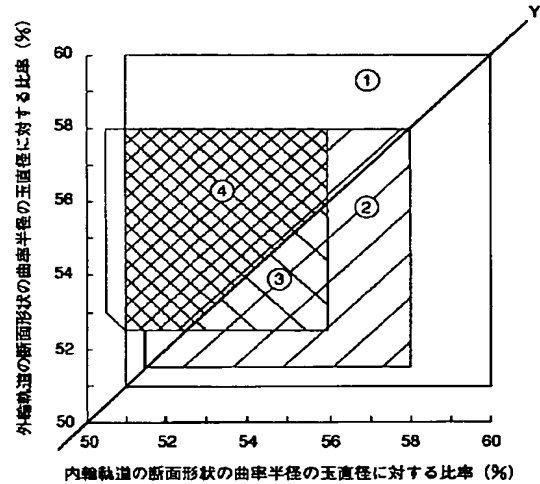
【図17】



【図19】

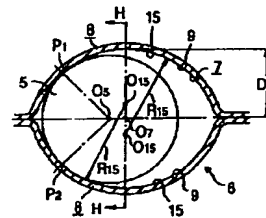


【図18】



- ① 本願発明の範囲  
 ② より望ましい範囲  
 ③ さらに望ましい範囲  
 ④ 最も望ましい範囲

【図23】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

C 1 0 M 169/02

C 1 0 M 169/02

F 1 6 C 19/16

F 1 6 C 19/16

33/38

33/38

33/42

33/42

33/58

33/58

// C 1 0 N 20:02

C 1 0 N 20:02

20:06

20:06

40:02

40:02

50:10

50:10

(72)発明者 中 道治

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
 日本精工株式会社内

(72)発明者 小川 隆司

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
 日本精工株式会社内

(26)

特開 2 0 0 2 - 3 5 7 2 2 6

(72)発明者 寺田 康久  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目 5 番 50号  
日本精工株式会社内  
(72)発明者 石和田 博  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目 5 番 50号  
日本精工株式会社内

F ターム (参考) 3J101 AA02 AA03 AA32 AA42 AA54  
AA62 BA21 BA25 BA45 BA47  
BA51 BA53 BA54 BA55 CA14  
EA63 EA76 FA01 FA35 GA24  
GA29  
4H104 BB16B BB19B BB33A BB34A  
CB14A DA02A EA10A EA10B  
PA01 QA18